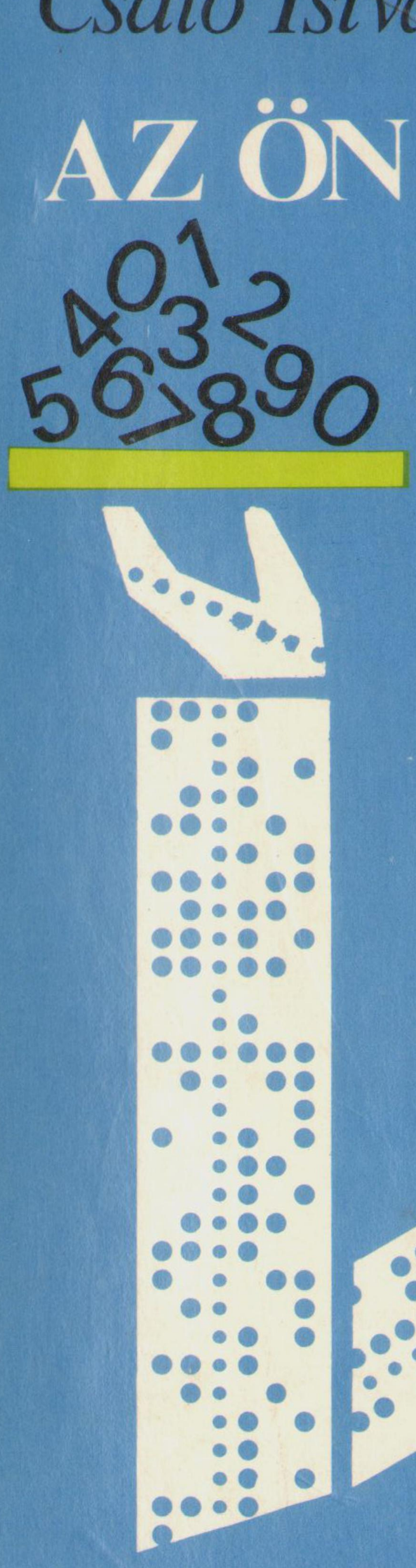
Csató István

A SZÁMÍTÓGÉP AZ ÖN SZOLGÁLATÁBAN

401
032
56>890



KOSSUTH

Csató István

A SZÁMÍTÓGÉP AZ ÖN SZOLGÁLATÁBAN

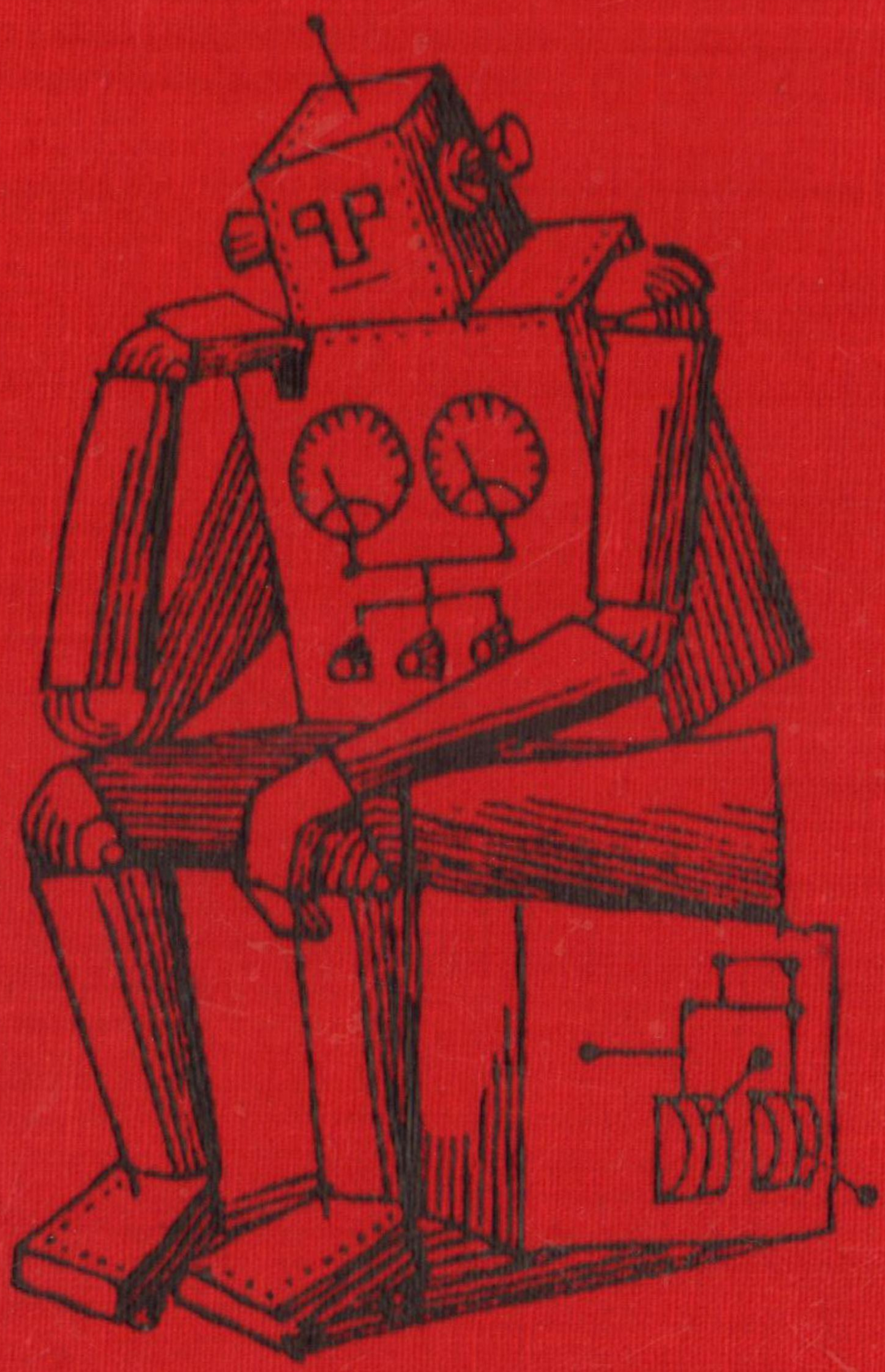
Az 1974-ben elhunyt író utolsó munkáját a számítógép területén és alkalmazásában elért fejlődés sokoldalú bemutatásának szenteli. Ez a kötet különösen „A kibernetika, az információ forradalma" c. két ízben is megjelent munkája folytatásának, kiteljesedésének tekinthető. Természetesen nem ismétli meg az ott ismertetetteket, hanem rájuk építve, azt a hallatlan és viharos fejlődést mutatja meg, amely az ipar, a tudomány, az információkutatás minden területén lezajlott, s aminek eredményeként a számítógépek valóban mindannyiunk szolgálatában állnak, és a jövőben még inkább szolgáink lesznek. Bemutatja, hogy a gépek hogyan zsugorodnak térfogatban, és ezzel párhuzamosan hogyan növekszenek lehetőségeik, működési gyorsaságuk, kapacitásuk. Érdekesen, színesen állítja elénk az egyes szerkezeti részek forradalmi változását, kezdve az elektroncsöves memóriáktól egészen a mágneses buborékkamrákig. Könyvében azonban nem a műszaki bemutatás a főcél, az csak arra szolgál, hogy érzékeljük, mi tette lehetővé, hogy a számítógépek az élet minden területén egyre nagyobb terrénumhoz jussanak, hogy mind változatosabban szolgálják az embereket. Fő feladatának azt tartotta, hogy sorra vegye az alkalmazási területeket, és az ott elért eredményeket sorakoztassa fel. Így megismerkedünk a számítógéppel mint adminisztrátorral, ami képes bonyolult ipari üzemek ügymenetét és raktározási, szállítási gondjait napra-

Ára: 42,– Ft

készen tartani, a termelés irányítását üzemi szinttől egészen a szerszámgépek vezérléséig megoldani, de látjuk közgazdásznak, piackutatónak, sőt orvosnak, kórházgondnoknak, iparszervezőnek és zeneszerzőnek, irodalomtörténésznek, stíluselemzőnek, fordítónak, tanítónak, az Indus-völgyi képírások megfejtőjének stb. stb., hogy legalább ízelítőt adjunk e nem túlságosan vaskos kötet hallatlanul gazdag tartalmából. A számítógép — bizonyítja Csató — igen tehetséges szolgája az embernek, tehát mindannyiunknak, de csak annyira ügyes és „értelmes", amennyire mi, a programozói azok vagyunk. Nemcsak a világfejlődésről ad igen színes, sok-sok részletre kiterjedő képet, hanem minden területen felvázolja a hazai fejlődést is. Így az olvasó képet szerezhet arról, hogy hol tartunk a számítógép-fejlesztésben, és hol tartunk abban a folyamatban, hogy a számítógépeket mindannyiunk szolgálatába állítsuk hazánkban is. Határozottan fellép minden számítógép-mítosz ellen, és figyelmeztet, hogy csak akkor lesz eredményes az ember és a gép együttműködése, ha az ember rendkívül alaposan és konkrétan készíti elő azokat a feladatokat, amelyek megoldásában a számítógépek segítségét kéri.

A kötetben foglaltak könnyebb megértését világos ábrák és Kaján Tibor kiváló karikatúrái segítik, amelyek ez esetben is képszerűvé, szemléletessé teszik a kibernetikai fogalmakat.

KOSSUTH KÖNYVKIADÓ



Csató István

A SZÁMÍTÓGÉP AZ ÖN SZOLGÁLATÁBAN

KOSSUTH KÖNYVKIADÓ/1975

SZAKMAILAG ELLENŐRIZTE:
DR. SZELEZSÁN JÁNOS

ISBN 963 09 0444 6

© CSATÓ ZSUZSÁNNA, CSATÓ GÁBOR 1975

1 A GÉP ÉS KÖRNYEZETE

1.0

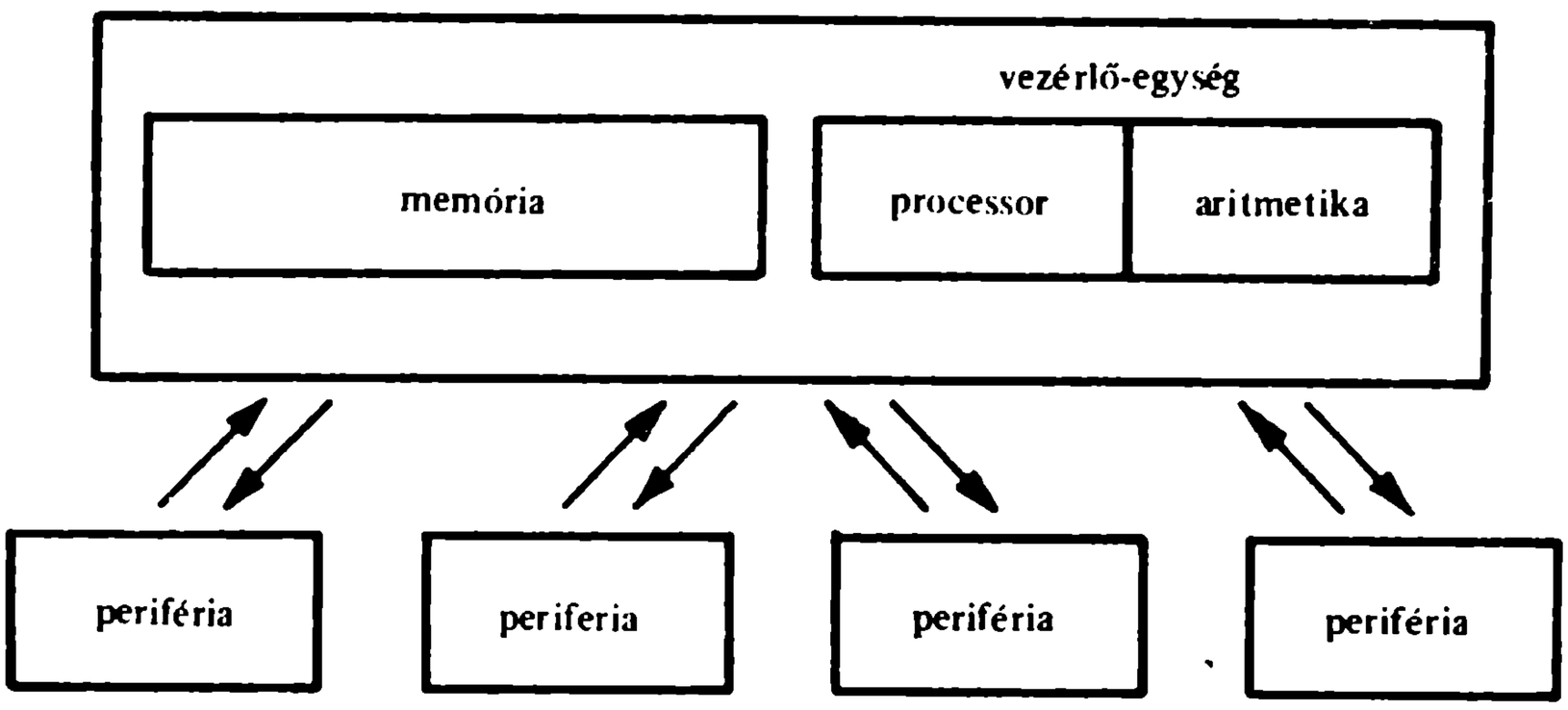
Ebben a könyvben az elektronikus digitális számítógépről lesz szó, és arról, hogy miképpen működik, s hogy milyen hasznot hajthat az ember fizikai és szellemi munkájában. Azt javasoljuk, hogy hosszadalmas bevezetés helyett – amely alól mentesít bennünket a tengernyi szak- és népszerű irodalom – nyissuk rá az ajtót magára a dologra, „in medias res", annál is inkább tehetjük ezt, mert e könyvet tulajdonképpen a „Mi a kibernetika?", „A kibernetika és az ember" című munkák szerves folytatásának, befejező kötetének tekinthetjük. Sok minden kérdést, amit itt is részletesen ki kellett volna fejtenünk, a „Mi a kibernetiká"-ban mondottuk el, s kérjük az olvasót, idézze fel újra azt a kötetet is.

Az elektronikus számítógépek egyik fajtájában, az ún. analógiás számítógépekben fizikai mennyiségek, pl. áramfeszültségek, áramerősségek, távolságok stb. képviselik a számokat. Mivel ezek a mennyiségek folytonosak, azaz értékeik bármilyen kis értékkel növelhetők vagy csökkenthetők, ezért másként folytonos működésű vagy modellező gépeknek is nevezzük azokat. Ezeknek az analógiás gépeknek a működési elveivel azonban nem foglalkozunk. Csak utalunk rá, hogy ezekben a gépekben a kiindulási adatokat (számokat, függvényértékeket stb.) mérhető mennyiségekkel (hossz, feszültség stb.) hozzák kapcsolatba, s az utóbbiakkal dolgozik a gép az előírt műveleteknek megfelelően. Ez sokszor úgy valósul meg, hogy olyan fizikai (mechanikai, elektromos) készüléket szerkesztenek, amely készülék viselkedésének matematikai leírása ugyanolyan problémákra vezet, mint a megoldandó; a fizikai készülék egyes jellemzőinek (pl. áramerősség időbeli változása egyes pontokban) mért értékei ekkor a matematikai probléma megoldásával kapcsolatba hozhatók (innen az „analógiás" jelző magyarázata). Az analógiás számítógépek közé tartoznak a görbefelrajzoló készülékek, a görbéken méréseket végző készülékek, az egyenletmegoldó készülékek, a deriviméterek; a differenciográfok, az integráfok, a szorzat integráfok, a paraméteres integrállal definiált függvények felrajzolására szolgáló készülékek, a differenciálegyen-

let-megoldó készülékek, amelyek sok más gépet is pótolhatnak, egyes konkrét problémák megoldására szolgáló gépek, mint a membrán-modellek, a vezetőréteg-modellek stb. Tehát az analógiás gépek sokoldalúan hasznosíthatók, nem is túlságosan drágák, de pontosságban elmaradnak a számítógépek másik nagy családjától. Az elektronikus számítógépek másik fajtájához azok tartoznak, amelyekben a számokat „diszkrét", vagyis egymástól jól elkülönített jelek, jelsorozatok képviselik. Ezért e berendezéseket elektronikus digitális számítógépeknek nevezik; a „digit" szó angolul ízet, tagot, számjegyet jelent.

Az elektronikus digitális számítógép egyrészt a központi egységből áll, másrészt a központi egység kiegészítő berendezéseiből, az ún. perifériális berendezésekből vagy perifériákból. A központi egység szolgál a tulajdonképpeni lényegi működésre, vagyis a program végrehajtására. Egyes perifériák azokat az információkat (programokat és adatokat) gyűjtik össze, amelyeket a számítógép központi egységének fel kell dolgoznia, vagy azokat halmozzák fel, amelyek a számítógép működésének, a program feldolgozásának az eredményeképpen keletkeztek (tárak). Más perifériák nemcsak tárolják ezeket az adatokat, hanem sokféle – adatátalakító, adattovábbító, adatrendező stb. – műveletet is elvégezhetnek rajtuk, illetve velük. A perifériák közé soroljuk azokat a berendezéseket is, amelyekről az információk közvetlenül befolynak a központi egységbe (bevivő művek), illetve, amelyekre az információk (a program végrehajtása során kapott eredmények) kifolynak a központi egységből (kihozó művek). Ez utóbbi berendezések: az olvasó-, íróegységek.

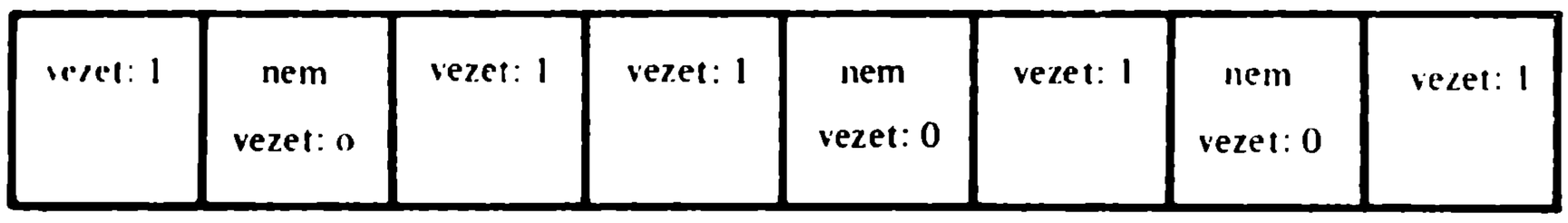
A központi egységnek (processornak) három fő része van: a tár (memória, emlékezőegység), a számoló-logikai mű (aritmetika, aritmetikai egység) és a vezérlőmű (vezérlőegység). (A továbbiakban ismertetjük



1. ÁBRA / A GÉP ÉS KÖRNYEZETE

majd, hogy újabban az aritmetikai és a vezérlőegységet szokás külön „processzor”-nak nevezni, szembeállítva a memóriával.) A memória, az emlékezőegység arra szolgál, hogy tárolja mind a programot, mind azokat az adatokat, amelyeken a programot végre kell hajtani, továbbá azokat az adatokat is, amelyek „menet közben”, a program műveleteinek a végrehajtása során állanak elő, és „ideiglenes” jellegűek. Magukat a számolási és logikai műveleteket az aritmetikai egység végzi el. A vezérlőegység biztosítja az egész gép összehangolt működését: gondoskodik arról, hogy a programban közölt utasításokat megfelelő sorrendben hajtsa végre az aritmetikai egység, hogy az emlékezőegység mindig a program éppen soron levő utasítását, illetve azokat az adatokat bocsássa rendelkezésre, amelyeken ezt az utasítást végre kell hajtani, az aritmetikai egység viszont küldje vissza a memóriának a számolási és logikai műveletek végrehajtása eredményeként kapott adatokat, a memória pedig a megfelelő „címeken” tárolja azokat.

A központi egység memóriájában mind a program utasításai, mind pedig azok az adatok, amelyeken az utasításokat végre kell hajtani: a kettes számrendszer két számjegyével a 0-val és az 1-gyel vannak feljegyezve, illetve e két számjegynek megfelelő kétféle állapot segítségével tárolódnak vagy közlekednek. Elvileg másfajta módon is megjeleníthetnék őket. Ámde ez a megoldás olyan előnyöket kínál, amelyeket más módon ez idő szerint nem lehetne biztosítani. A számítógép kapcsoló- (billenő-) elemei (amelyekről alább szólunk) ugyanis két jól megkülönböztethető állapotban lehetnek, és ez a két állapot kitűnően megfeleltethető az 1-nek, illetve a 0-nak. E kapcsolóelemek vagy vezetik, vagy nem vezetik az áramot, vagy az egyik fajta, vagy a másik fajta mágneses állapotban vannak stb. A számítógépben ezekre a kapcsolóelemekre mintegy fel lehet írni számokat, pl. a billenőelemekre a következő számjegysorozatot vihetjük fel azáltal, hogy némelyiket a „vezet”, másokat pedig a „nemvezet” állapotba lökjük megfelelő módon: (vezet – vezet – vezet – nemvezet – vezet – nemvezet – vezet – vezet) . . .: kettes számrendszerbe leírva a következő számot kapjuk: 111001011. A billenőelemeknek az egyik állapotból a másik állapotba való átbillentésével megváltoz-



2. ÁBRA / A KETRECEKBEN MEGSZEMÉLYESÍTETT SZÁMJEGYEK ÜLNEK

tathatunk utasításokat, adatokat, számolhatunk, illetve logikai műveleteket vihetünk véghez. A logikai műveletek végrehajtására az ad lehetőséget, hogy a billenőelemek két állapota nemcsak az 1 és 0 számjegyeknek, hanem az „igaz" és „nemigaz" logikai értékeknek is (a matematikai logika 1 és 0 értékeinek) megfeleltethető.

A számítógépben mindig 1-ek és 0-k szerepelnek, ezek segítségével írunk fel bármilyen számot. Ugyanígy 1-ek és 0-k képviselik a számítógépben az ábécé betűit és az írásjeleket is – általában, ahogy szakmai nyelven mondják, az ún. alfanumerikus jegyeket. A programozás, az előkészítő munka során az ember az iskolában és a mindennapi életben megszokott módon dolgozhat a számokkal, és a megszokott alakban kapja is vissza a számokat a géptől, kettes számrendszerbeli számok, illetve a nekik megfelelő állapotok csak a gépben fordulnak elő, s a gép végzi el a fordítást a tízes számrendszerből a kettesbe és vissza is.

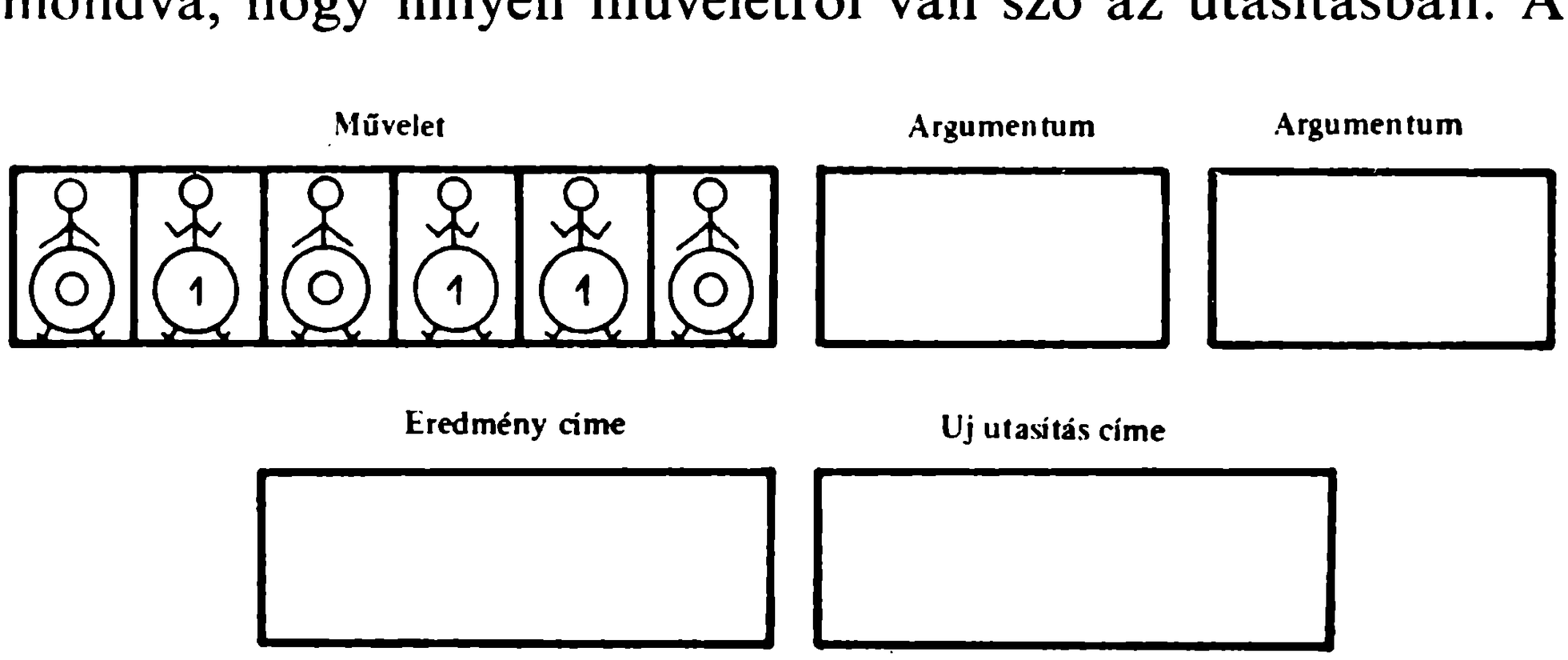
Szám és utasítás

Hogyan is ábrázolhatunk számokat a gépben? Minden szám a tároló valamely meghatározott rekeszében foglal helyet. Minden tárolórekesznek címe van, ezért azt is mondhatjuk, hogy minden szám a tároló valamely „címén" foglal helyet. A rekeszben minden számjegy részére külön hely áll rendelkezésre – egy-egy ilyen kis ketrecben vagy 0 vagy 1 helyezkedik el –, ezeknek a számjegyeknek (biteknek) azonban attól függően más és más a jelentése a gép számára, hogy a rekesz hányadik ketrecében ülnek. A rekesz bizonyos ketrece azt a bitet tartalmazza, amely a szám előjelét adja meg; más ketrecek a szám egész része, megint más ketrecek a törtrész bitjeit foglalják magukban. Amennyiben így írjuk fel a számokat: fixpontos (fixvesszős) ábrázolásról beszélünk. Ez tulajdonképpen ugyanaz az eljárás, amelyet általában megszoktunk: a tizedesvesszőn innen az egész rész jegyei, a tizedesvesszőn túl a törtrész jegyei sorakoznak. A különbség csak annyi, hogy ez esetben minden számjegyet a kettes számrendszerben fejeznek ki, vagyis 1-ek vagy 0-k képviselnek minden számjegyet. Eljárhatunk azonban más módon is: ábrázolhatjuk a számokat „lebegőpont"-tal is. Ekkor a tizedesvessző nem marad rögzített helyen, hanem tetszés szerint eltolható jobbra vagy balra, „lebeg". Ebben az esetben a memóriarekesz bizonyos ketreceiben ül a mantissza, vagyis az a szám, amelyet 10-nek valamely hatványával meg kell szorozni – más ketrecei-

ben pedig a karakterisztika, vagyis az a hatványkitevő, az a szám, amely megmondja, hogy 10-et hányadik hatványára kell emelni. Ezzel az ábrázolással ugyanannyi bittel nagyobb abszolút értékű számokat tudunk ábrázolni, mint a fixpont esetén.

Egy-egy ilyen memóriarekesz azonban nemcsak számot, hanem „utasítás"-t is tartalmazhat, vagyis tartalmazhatja a végrehajtandó program valamely legkisebb darabját. A gépben egyes memóriarekeszekben utasítások, más memóriarekeszekben számok (adatok) tartózkodnak. A gép a gyakorlatban minden memóriarekeszt „egyforma elbírálásban részesít", mintha csak nem tenne különbséget utasítás és adat között, mégis biztosítható, hogy az „egyforma bánásmód" leple alatt megkülönböztesse az utasításokat és az adatokat.

A memóriarekesz – a modern gépekben, rendszerint – byte szervezésű. Egy-egy byte rendszerint 8 bitből áll (de állhat pl. 6 bitből is). Egy-egy ilyen 8 bites kombináció számábrázolás esetén alkalmas valamely számjegy képviseletére, de valamely betű képviseletére is felhasználható, ha nem számot, hanem más adatot kívánunk feljegyezni. Utasítás ábrázolása esetén egy-egy ilyen byte az utasítás valamely meghatározott részletét tartalmazza. Az egyik rész pl. tartalmazhatja a műveleti kódot, megmondva, hogy milyen műveletről van szó az utasításban. A másik byte



3. ÁBRA / AZ UTASÍTÁS SZERKEZETE

esetleg az első argumentum (operandus) címét foglalhatja magába. De mi is ez esetben az argumentum (operandus)? Az argumentum az a szám, amely a műveletben szerepel. Az argumentum címe megmondja, megjelöli, hogy hol lakik ez a szám a memóriában. Ha pl. összeadásról van szó, akkor a műveletben szereplő egyik argumentum az egyik összeadandó, s az argumentum címe azt mondja meg, hol lehet megtalálni a memóriá-

ban ezt az összeadandót. Az utasítás valamely következő byte-ja a műveletben szereplő második argumentum címét adhatja meg, ez az argumentum összeadás esetén lehet a második összeadandó. Ilyen módon építhető fel byte-okból az egész utasítás.

Az utasítás lehet egycímű, ebben az esetben csak egy argumentum (operandus) címére utal; ilyenkor egy-egy művelet végrehajtásához több utasításra van szükség, hiszen pl. az összeadás két argumentumra vonatkozik, és mindkét argumentum címét más-más utasítás tartalmazza. Az utasítás azonban lehet kétcímű, sőt három- vagy négycímű is. A kétcímű utasítás a műveletben szereplő két argumentum címét, a háromcímű utasítás már a művelet eredményének a címét, a négycímű a művelet végrehajtása után végrehajtandó utasítás címét is magában foglalja. A több című gépekben ugyanakkora műveletsorozat végrehajtatásához kevesebb utasításra van szükség. Így az utasítások aszerint lehetnek rövidebbek vagy hosszabbak, hogy hány címet foglalnak magukban, hogy byte szervezésűek-e és a byte-ok 6, 8 vagy más számú bitet foglalnak-e magukban.

Az utasítás végrehajtása

Hogy a dolog világosabban álljon előttünk, vizsgáljunk meg egy olyan utasítást, amely 40 bitből áll, és 5 olyan byte-ot tartalmaz, amely egyenként 8–8 bit terjedelmű. Az első 8 bit a műveleti kód (utasításkód), vagyis azt a műveletet adja meg, amelyet végre kell hajtani: „Add össze!", „Vond ki!", „Szorozd meg!", „Oszd el!" stb. A második 8 bit jelöli meg az első argumentum címét a memóriában. Ha pl. a műveleti kód összeadásra utal, akkor az első argumentum az első összeadandó. A harmadik 8 bit jelölheti a második argumentum címét. A negyedik 8 bit utalhat arra a memóriacímre, amelyen el kell helyezni az összeadás eredményét, ha már a művelet végrehajtása, az összeadás megtörtént. Az ötödik 8 bit közölheti azt a memóriacímet, amelyből majd elő kell szólítani az új utasítást, ha a jelen utasítás végrehajtása befejeződött.

Magának az utasításnak a végrehajtását a központi egység vezérlőegysége vezérli. Ez különféleképpen történhet aszerint, hogy a számítógépnek milyen sajátos szerkezete (hardware-je) van. A világosság kedvéért az utasítás olyan végrehajtását ismertetjük, amely négy fázisban történik meg. A gép vezérlőegysége beszólítja a memóriából az utasítást. Az utasítás bitjei (byte-jai) úgy szaladnak be a központi egységbe, hogy ott

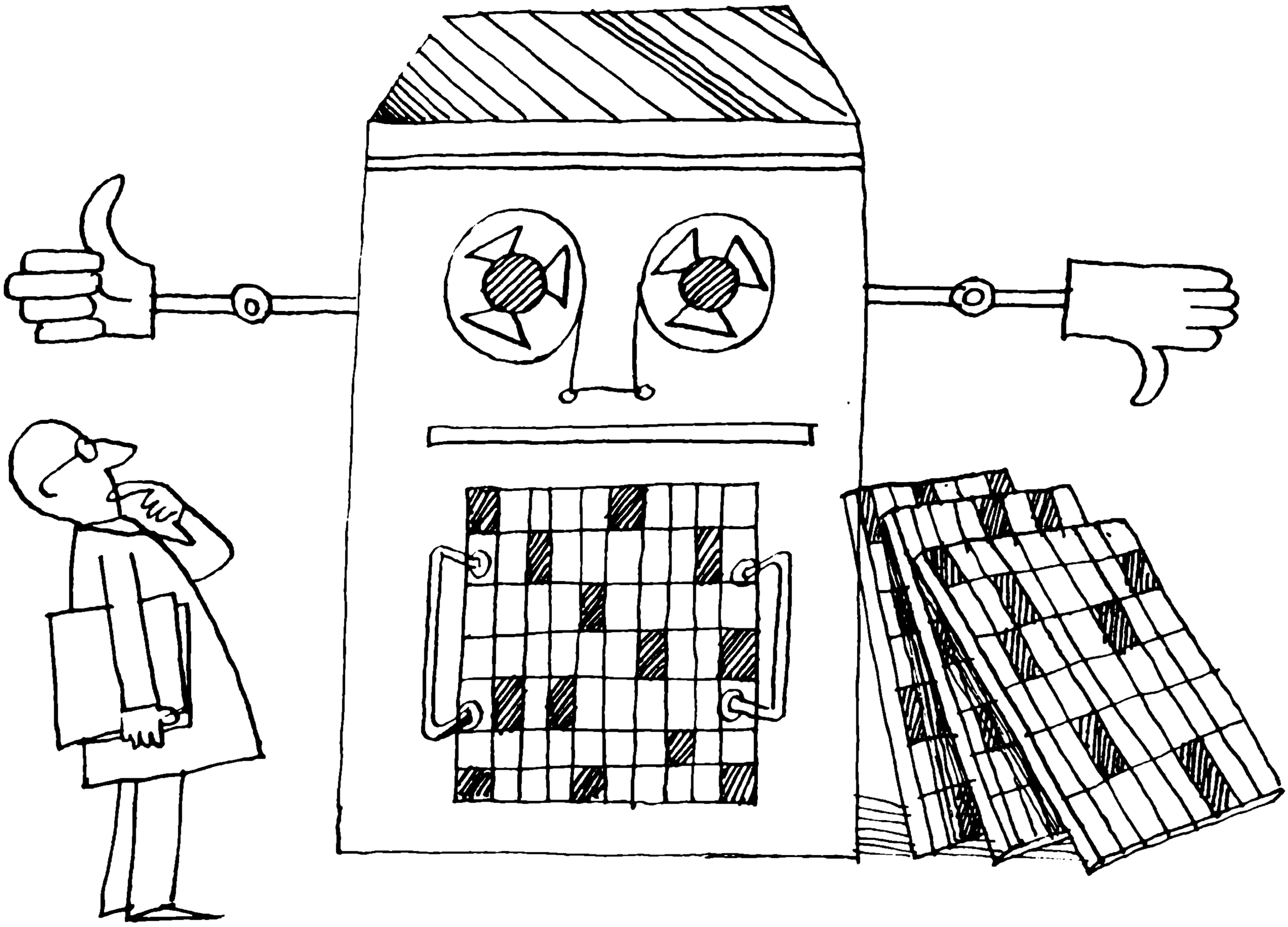
mindegyik a maga helyére kerüljön: a műveleti kód az ún. utasításregiszterbe, a címrész az ún. címregiszterbe kerül. Az utasításdekódoló „dekódolja" a műveletet, azaz megállapítja, hogy milyen műveletet kell végrehajtani. Megállapítja pl., hogy összeadásról van szó. Ekkor a vezérlőgenerátor olyan áramimpulzusokat küld ki, amelyek éppen azokat az áramköröket nyitják meg (az aritmetikában), amelyek az összeadás végrehajtásához szükségesek. A címregiszter tartalmának a dekódolása alapján olyan áramimpulzusok futnak ki, amelyek az első argumentum memóriarekeszéből megnyitják az aritmetika felé vezető utakat. Mintha csak ilyen utasítás szaladna ki: „Az első argumentum szaladjon az aritmetikába, s ott vegyen részt az összeadás műveletében!" A második argumentum címére is ugyanilyen parancs érkezik. Neki is be kell vonulnia az aritmetikába.

Most az aritmetika összeadóműve végrehajtja az összeadást. Azaz az aritmetikában lezajlik valami, aminek eredménye megfeleltethető az összeadás eredményének. Az összeadás eredménye azonban egyelőre az aritmetika akkumulátorában ül.

Ekkor a vezérlőegység hozzálát a harmadik fázis munkájának végrehajtásához, dekódolja a negyedik 8 bitet, vagyis megállapítja, hogy az aritmetikában képződött eredményt hol kell elhelyeznie a tárban. A vezérlőegység vezérlőgenerátora most olyan áramimpulzusokat küld ki, amelyek az aritmetika és a tár között éppen a szükséges útvonalakat nyitják meg. Az összeadás eredményét alkotó bitek ezeken az útvonalakon beszáguldanak a memóriába, és ott a meghatározott címen leülnek, vagyis tárolódnak.

A vezérlőegység a negyedik fázisban az ötödik 8 bitet fejti meg, vagyis megállapítja, mi a címe a memóriában annak az utasításnak, amelynek végrehajtására ezután kerül sor. És ezzel minden kezdődik elölről. A vezérlőegység beszólítja a memóriából az új utasítást a saját regisztereibe, dekódolja a műveleti részt, a címrészeket, a vezérlőgenerátor ennek megfelelő áramimpulzusokat kelt, s küld ki, s ezek kiváltják a szükséges elektromos pályák megnyitását.

Közben magának a műveletnek a végrehajtása a műveletvégrehajtó egységben, a számoló-logikai egységben, az aritmetikában zajlott le. Mi is ment itt végbe? Az iménti példánkban összeadás szerepelt. Ez az aritmetika összeadóművében futott le. Az összeadómű a következőképpen végzi a maga munkáját. Összeadhat ugyanolyan módon, ahogy mi emberek szoktunk. Előbb összeadja a két összeadandó egy-egy legalacso-



nyabb helyértékű bitjét, képzi ennek a részösszeadásnak az eredményét, és az esetleges átvitelt is a következő részösszeadáshoz. Így helyértékenként végighalad mindkét összeadandó bitjein, elvégzi az összeadást, képzi az átvitelt stb. Ha a két összeadandó bit mindegyike 1-es, akkor összegük 2, azaz a 2-es számrendszerben 10, ilyenkor a részösszeadás eredménye 0, az átvitel a következő részösszeadáshoz 1. Vagyis a gép szakasztott úgy jár el, mint mi emberek.

Mivel elvileg minden művelet visszavezethető az összeadásra, az aritmetikában elegendő volna egy összeadóművet tartani, és az mint univerzális műveleti egység, minden feladatot elláthatna. De az ilyen aritmetika nagyon lassan működne, ezért külön kivonó-, szorzó- és osztóegységeket is beépítenek az aritmetikába.

Döntési tábla, folyamatábra

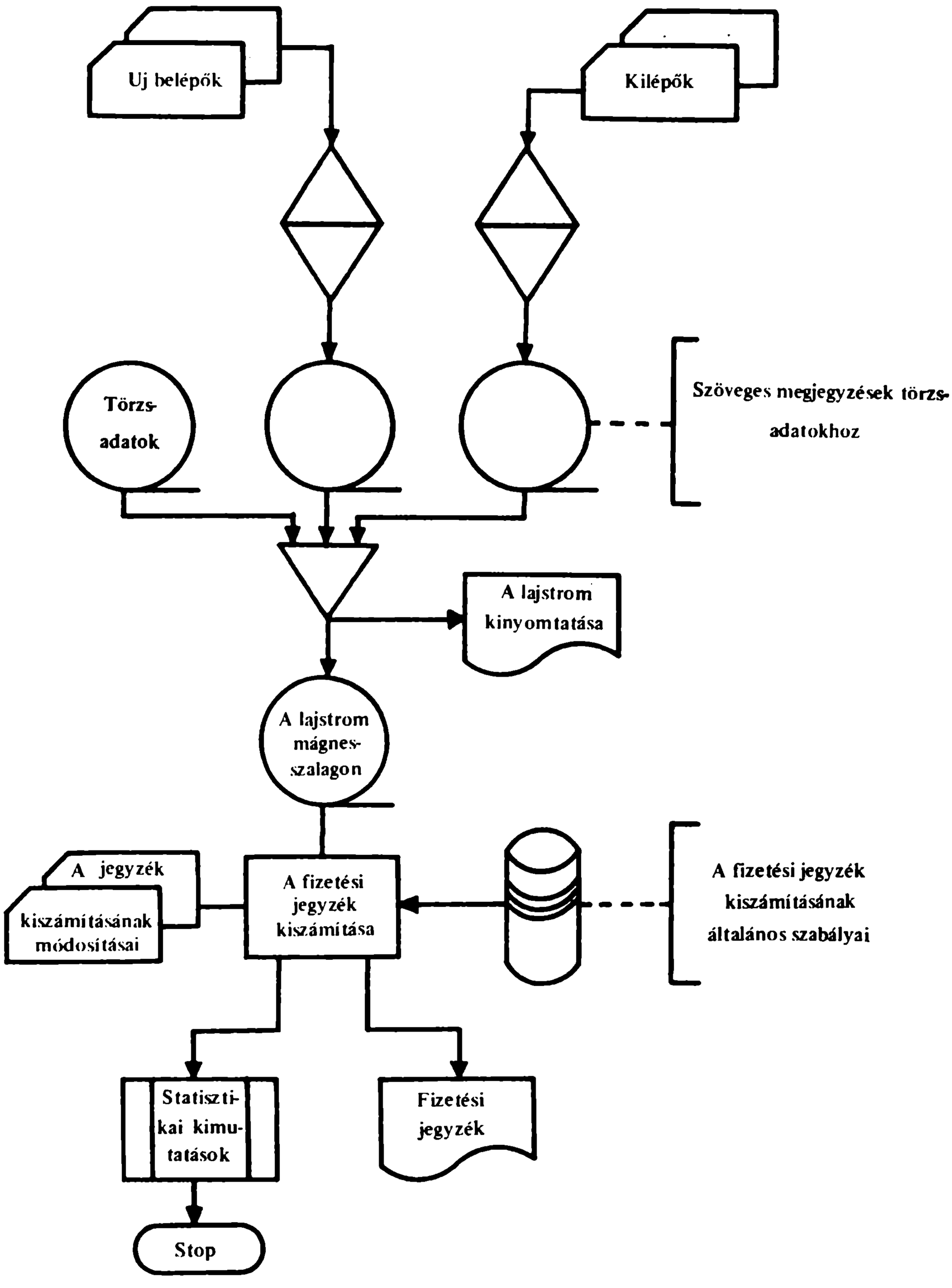
A gép program alapján működik. A program: azoknak a műveleteknek a sorozata, amelyeket meghatározott rendben végre kell hajtania a gépnek ahhoz, hogy megoldja a szóban forgó feladatot. A program alapja:

az algoritmus, vagyis a műveletek összeállítása megfelelő sorrendben; az algoritmus mintegy magát a feladatot veszi figyelembe, a program ezen túlmenően tekintettel van a számítógépre is.

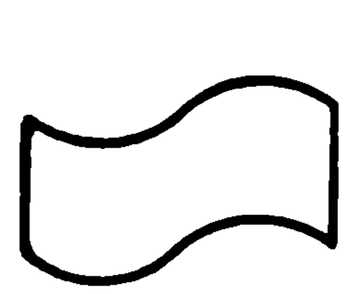
Valahol az algoritmus és a számítógépprogram között helyezkedik el a „döntési tábla" és a „blokkvázlat" (blokkdiagram). Ezeknek az a rendeltetése, hogy világos, áttekinthető képet adjanak azokról a műveletsorozatokról, amelyeket a programnak meg kell fogalmaznia. A döntési tábla olyan táblázat, amely arra vonatkozó útmutatást tartalmaz, hogy bizonyos feltételek bekövetkezése esetén mit kell csinálnia a gépnek. Táblázatosan tartalmazza azokat a feltételeket, amelyek bekövetkezhetnek (vagy bekövetkeznek, vagy sem), azokat a teendőket, amelyek e feltételek bekövetkezése vagy be nem következése esetén végrehajtandók, valamint azokat a következményeket, amelyek e teendők végrehajtásával együtt járnak. A táblázat elkészítése megköveteli az összes (logikai) helyzetek végiggondolását, de amikor már készen áll, akkor „gondolkodás nélkül", gépiesen követhető. Abban az esetben, ha csak néhányszor van szükség a teendők külön megjelölésére, egyébként a gépnek mindig ugyanazt kell csinálnia, a táblázatba felvesznek egy „egyébként" oszlopot is, ez általános útmutatást ad: a gépnek mindig eszerint, tehát azonosan kell eljárnia, kivéve, ha a külön megadott feltételek bekövetkeznek. Az ilyen táblázat a lehetőségeket teljes mértékben fedi, mert vagy a konkrétan megjelölt külön feltételek teljesülnek, akkor a gép teendői e külön feltételek szerint alakulnak, vagy az „egyébként" szabály érvényesül. Más lehetőség nem következhet be. Abban az esetben, ha valamely feltétel teljesülése esetén több teendőt kell végrehajtani, mégpedig bizonyos sorrendben, akkor a táblázatnak ezeket a teendőket a megfelelő sorrendben kell tartalmaznia. Ebben az esetben a gépnek azon az úton kell végighaladnia, amelyet ez a teendősorozat kijelölt.

Ha az algoritmus bonyolult, hosszú, akkor nehéz egyetlen táblázatba összefoglalni belőle azt, ami a gépnek útmutatást adhat. Ilyenkor az egyes részfeladatokat külön táblákon lehet megfogalmazni. Ha ilyenkor egy táblázat tartalmazza az egész feladatot, akkor e táblázat megfelelő kockáiban elegendő hivatkozni azokra a táblázatokra, amelyek a részfeladatokra vonatkoznak. Egy-egy ilyen részfeladat-táblázatra mindannyiszor utalni lehet, valahányszor a fő feladatban előfordul. Sőt a részfeladatok táblázatain is utalhatnak más részfeladatok táblázataira. Ilyenformán egy-egy táblázat többször is beilleszthető a főtáblázatba, nem kell minduntalan újra meg újra kidolgozni, ami erő és idő megtakarításával

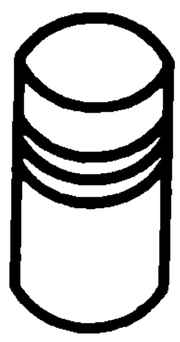
jár. Egy-egy „meghívott” táblázat végigkövetése után pedig mindig visszasza lehet térni arra a fölé rendelt táblázatra, amely ezt a táblázatot „meghívta”. Ennek a rendszernek a fő előnye: az áttekinthetősége. A döntési tábla hidat ver az algoritmus és a program közé. A programozó matematikusnak, aki ezt a döntési táblázatot kézhez kapja, e táblázat birtokában már tulajdonképpen csak azzal kell törődnie, hogy programba foglalja a



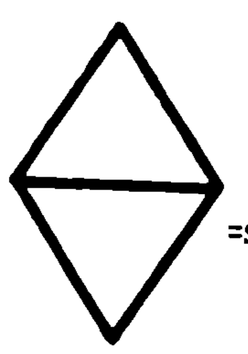
4. ÁBRA / FIZETÉSI JEGYZÉK KÉSZÍTÉSÉNEK FOLYAMATÁBRÁJA



=lyukszalag

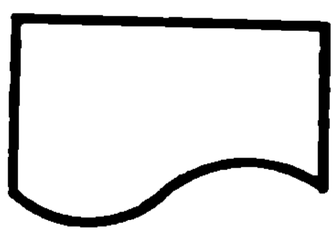


=mágneslemez



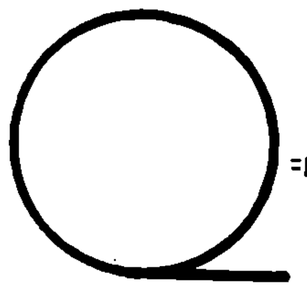
=sorbarendezés

= művelet a számítógépben



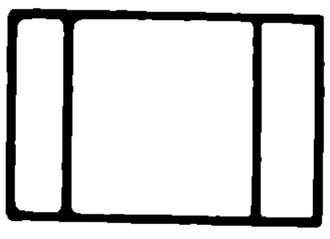
=nyomtatott bizonylat

= lyukkártya



=mágnesszalag

=szöveges megjegyzés, magyarázat



= a folyamattól független műveletek

A SZIMBÓLUMOK JELENTÉSEI

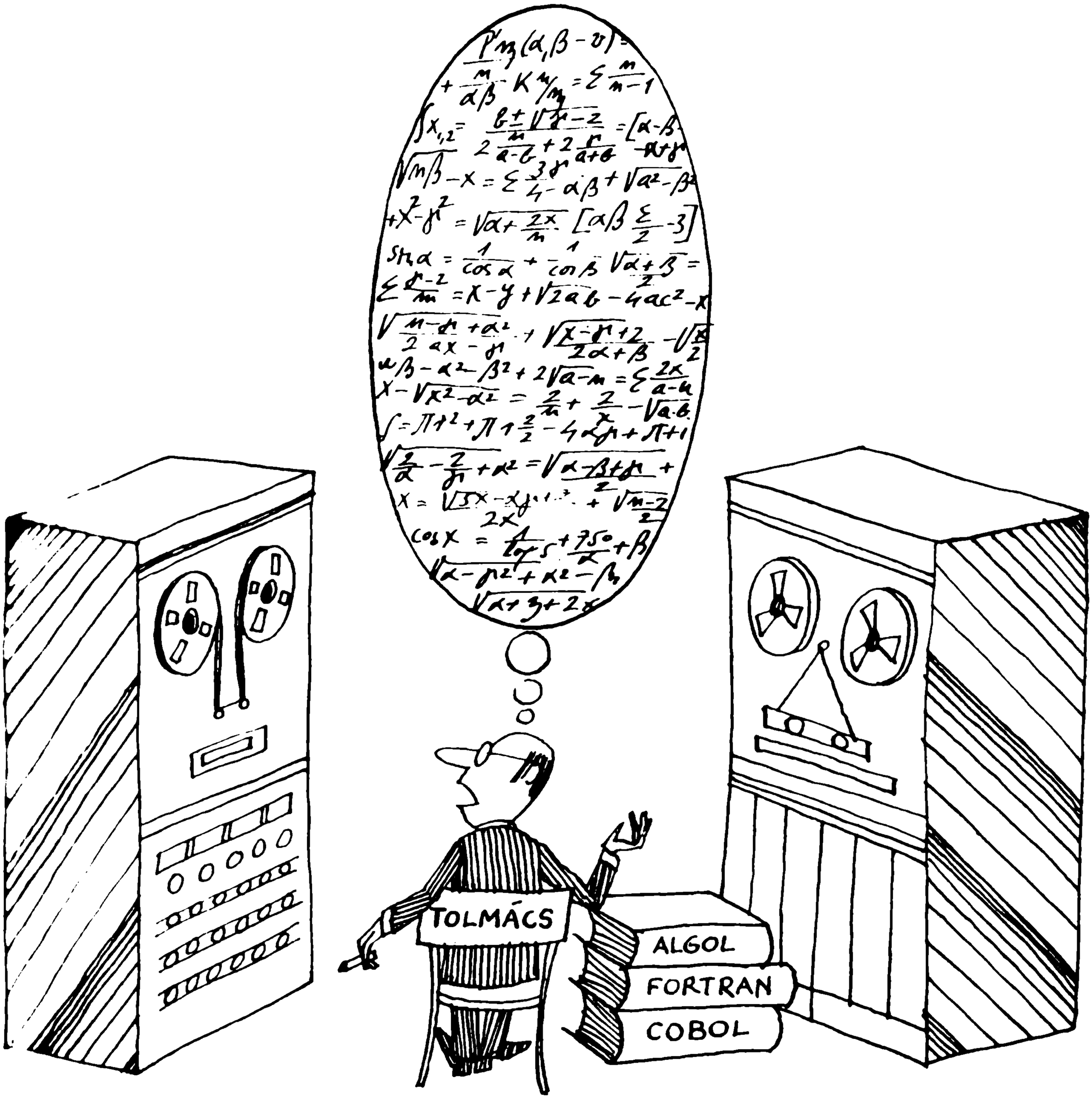
benne foglalt szabályokat. Ez bizonyos mértékben „gépies" műveletsorozat, olyannyira az, hogy kísérletek folynak olyan „programgenerátorok" szerkesztésére, amelyek automatikusan programokat tudnak alakítani a döntési táblákból.

A folyamatábra, a blokkdiagram: mintegy a program stratégiai terve. Egy-egy ilyen folyamatábrán négyzeteket, téglalapokat vagy más mértani idomokat látunk. A mértani idomokon belül rendszerint betűk, számok vagy feliratok olvashatók, magukat a mértani idomokat pedig nyilak kapcsolják össze. Egy-egy mértani idom: a műveletek blokkját jelzi, a nyilak pedig azt mutatják meg, hogy e műveletblokkokat milyen sorrendben kell összekapcsolni ahhoz, hogy célhoz érjünk. A folyamatábrán – ellentétben a döntési táblával – a megoldás időrendje, az egyes műveletblokkok egymást követő (logikai) rendje tűnik elénk a legvilágosabban. Az ilyen folyamatábra szemléletesen tünteti fel azt is, ha az egész folyamaton belül valahol valamely részfolyamat megismétlése válik szükségessé. Ilyenkor „ciklus"-t kell szervezni, vagyis a részfolyamatban az adott műveletsorozaton annyiszor kell végigmenni, amíg valamely kívánt eredményre nem jutunk, illetve, amíg az eredmény valamely megadott értéket a kívánt közzel meg nem közelíti. Az ilyen ciklus könnyebbséget ad a programozásban: ugyanaz a programrész változó adatokon használható fel, s ezt a programrészt elegendő egyszer megírni.

A szakemberek egy része a döntési táblára esküszik, és idegenkedik a blokkdiagramtól, más részük pedig a blokkdiagramot írja zászlajára. A valóság az, hogy mindig az adott feladat jellege döntheti el, melyikük szolgálhatja jobban a feladatmegadás áttekinthetőségét, melyikük nyújthat több segítséget. Ugyanazon a feladaton belül mind a ketten is – egymással alá- és fölérendeltségben – jól megférhetnek egymással.

A program

Ám sem a döntési tábla, sem a folyamatábra nem program még. A programozónak – velük vagy nélkülük – meg kell írnia a programot. Ez napjainkban általában valamely algoritmikus programnyelven (vagy más szóval magasszintű programnyelven) történik. A programnyelv olyan utasításokat foglal magában, amelyeket maga az ember jól megért, s amelyek ugyanakkor tekintettel vannak azokra a követelményekre is, amelyeket majd a következő fázisban, a program átalakításának során ki kell elégíteni, hogy a program végül a gép számára is érthetővé váljék. A programnyelv tehát félszemmel az emberre, félszemmel a gépre tekint. Utasításai, azaz „szavai" vagy olyan szavak, olyan rövidítések, amelyek közel állanak az élő nyelv szavaihoz, vagy olyan formulák, amelyek matematikai képletekhez hasonlók. Ma már számos olyan programnyelv van, amely különböző felhasználói területek különleges igényeit figyelembe veszi. A FORTRAN-t (*For*mula *Tran*slation – képletfordítás) elsősorban műszaki és tudományos jellegű feladatok megoldásához használják, de az ALGOL-t (*Algo*rithmic *L*anguage – algoritmikus nyelv) is. Az üzleti élet, a gazdaság, a kereskedelem követelményeihez igazodik a COBOL (*Co*mmon *B*usiness *O*riented *L*anguage – általános üzletnyelv, problemaorientált nyelv). A PL/1 (*P*rogramming *L*anguage 1 – programozási nyelv) szintézisbe igyekszik foglalni a FORTRAN, az ALGOL és a COBOL előnyeit, ez mind kereskedelmi, mind műszaki-tudományos feladatok megoldására alkalmas. A fő törekvés az, hogy a felhasználói programnyelvet a lehetőség szerint függetlenítsék a számítógépek típusától, és ilyen módon megkönnyítsék a különböző programnyelveken írt programok felhasználását többféle típusú számítógép részére is. Ma azonban még rendszerint kisebb-nagyobb mértékű átalakítást kell végezni egy-egy programon, ha olyan gépre akarják rávinni, amelyhez nem illesztették eleve. Meg-megújulnak a törekvések olyan „programozói világ-



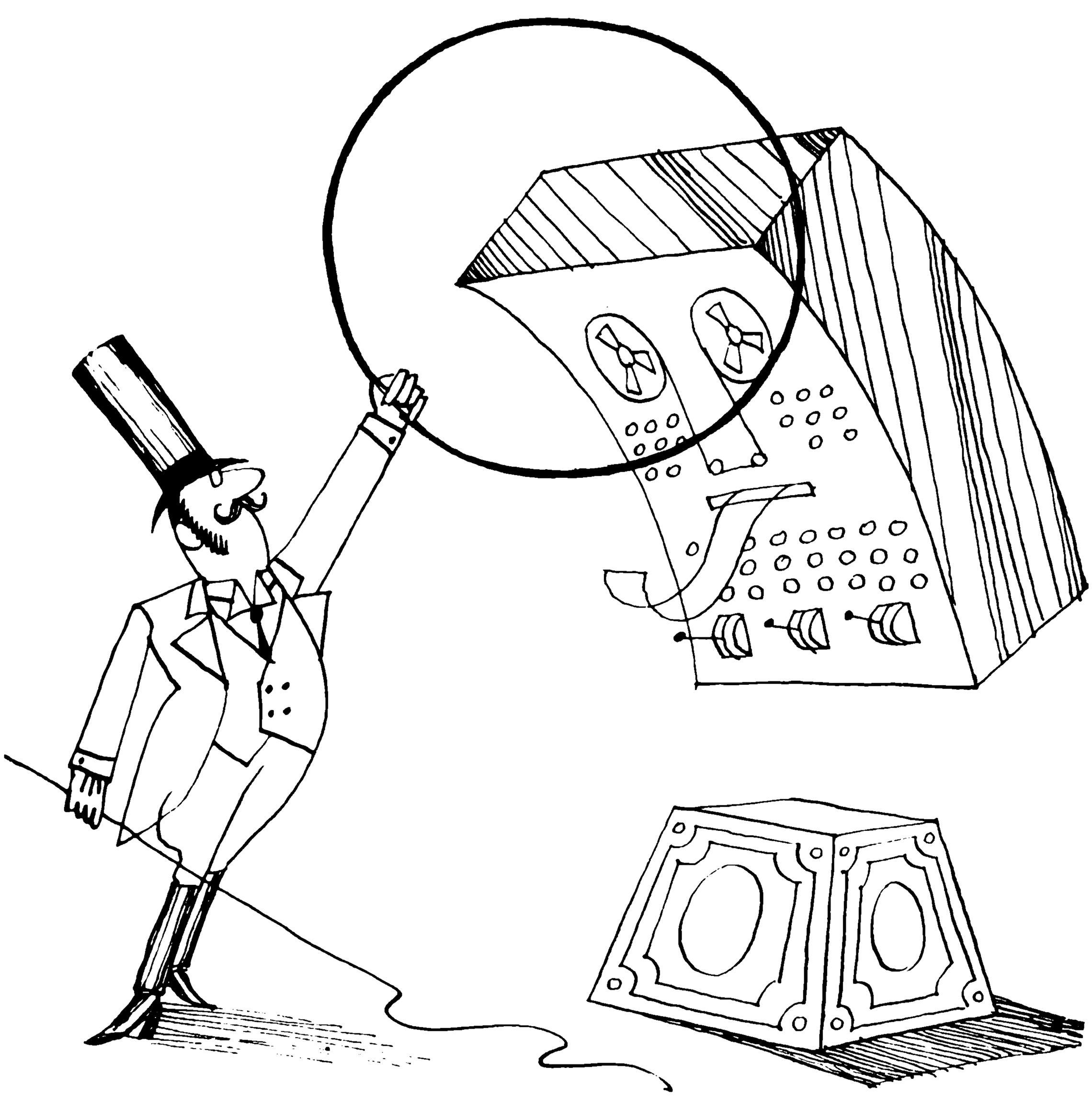
nyelv" kidolgozására is, amelyet általánosságban, minden típusú számítógéphez használhatnak.

A programnak pontosnak kell lennie. A programozónak mélyen meg kell értenie annak a feladatnak a lényegét, amelyről szó van, világosan kell látnia a megoldás útját, vagyis ki kell alakítania – ha máshol nem, a fejében – az algoritmust. Az algoritmustól a programig vezető úton segítséget nyújthat neki a készen kapott döntési tábla, vagy a készen kapott blokkdiagram, de a legtöbbször már ezek elkészítésében is közre kell működnie. A programozónak rendszerint együtt kell dolgoznia olyan szakemberekkel, akik az adott szakterületet alaposan ismerik, pl. kereske-

delmi, ipari szakértőkkel vagy biológusokkal stb. Végül el kell készítenie magát a felhasználói programot, amely teljesen „zárt”, pontos, azaz semmiféle hézagot sem tartalmazhat, kivétel nélkül minden műveletet meg kell adnia, s meg kell adnia azt a sorrendet is, amelyben e műveleteknek követniük kell egymást. Semmiféle pontatlanságról, „folytonossági hiány”-ról sem lehet szó itt. Arra általában nincs szükség, hogy megjelöljük benne azt is, hogy milyen számokkal kell egy-egy operációt végrehajtani, milyen számokat kell összeadni egymással, kivonni egymásból stb. Elég, ha a programban megjelöljük azt a memóriacímet, amelyen a megfelelő adat, a megfelelő argumentum „lakik” vagy „lakni fog”, ha majd a számítás menetében előáll. A memóriarekesz címe ezért tölt be itt olyan szerepet, mint az algebrában a betűkkel való jelölés. Az algebrában ugyanis egy-egy betű elvileg bármilyen számnak, bármilyen mennyiségnek megfeleltethető. A tárcímek használata valóságos számok helyett ténylegesen ugyanannyi kényelmet nyújt a programozásban, amennyit az algebra az általános megoldási sémák használatakor.

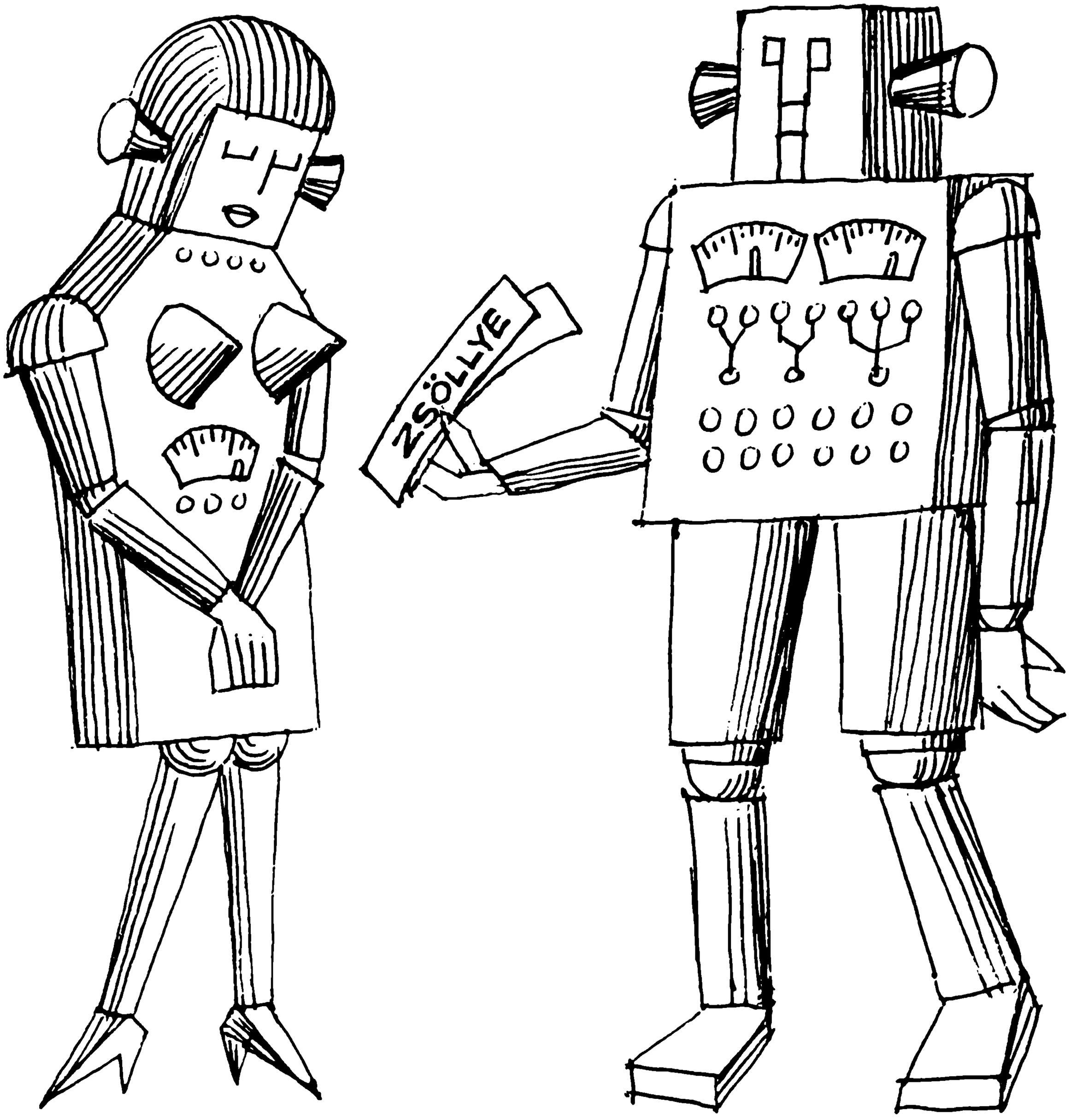
A gyakran ismétlődő műveletsorozatokat olyan *részprogramokba* (*szubrutinok*ba) foglalják össze, amelyek előre gyártott elemekként bármikor beépíthetők a programokba. Nemcsak hatványozásról, gyökvonásról stb. van szó, hanem olyan hosszabb programrészletekről is, amelyeknek műveletei mindig ugyanúgy ismétlődnek, miközben csak azok az adatok változnak, amelyeken e műveleteket végre kell hajtani. A programozónak a maga programjában elegendő a szubrutinra utalnia, a többit majd automatikusan elvégzi a gép. Elegendő megadnia a „referenciaszámot”, vagyis annak az utasításnak a címét, amellyel a szubrutin kezdődik. A program végrehajtása közben a gép automatikusan „ugrik” a szubrutin első utasítására, a szubrutin utolsó utasításáról pedig automatikusan visszaugrik a főprogramra.

Ilyen utasítások – ún. *ugrási utasítások* – nemcsak a szubrutinokkal kapcsolatban adhatók. A program kötelezheti a gépet arra is, hogy a számítás közbülső eredményétől függően (pl. attól függően, hogy egy bizonyos részeredmény nagyobb-e mint 0 vagy kisebb-e mint 0) a soron következő utasítást hajtsa végre vagy ugorjon át egy meghatározott másik utasításra (feltételes ugrási utasítás). Az ilyen ugrások ott szükségesek, ahol a programon belül „hurkokon” kell végighaladni, vagyis egy-egy hurkot, egy-egy hurok műveleteit annyiszor kell megismételni, ahányszor valamely előre meghatározott érték előre meghatározott mértékű megközelítéséhez szükséges (ismétlés, iteráció).



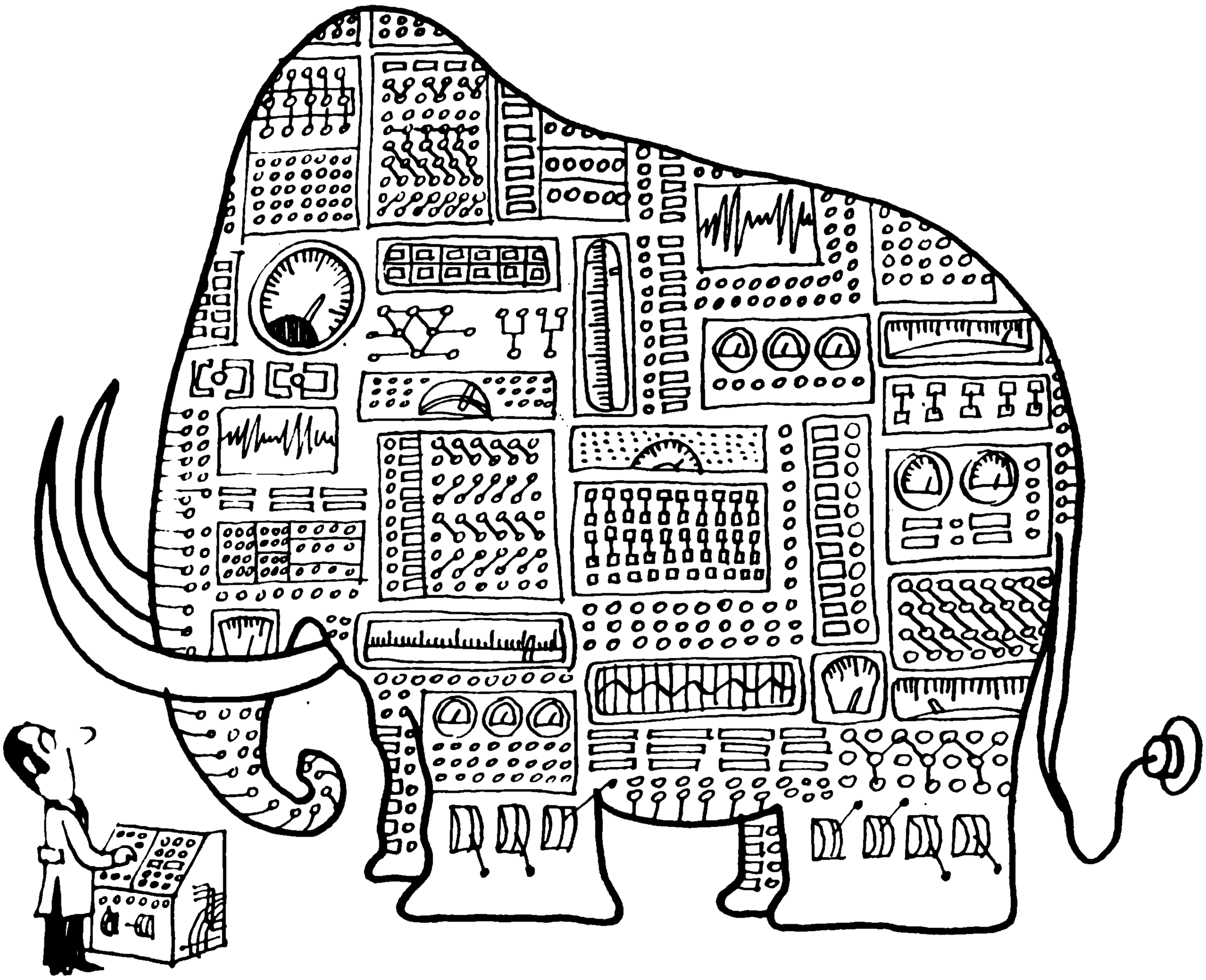
Könnyen belátható, hogy az „emberi” szintű program készítőjének annál könnyebb a dolga, minél több „előre gyártott elemet”, szubrutint épithet be a programjába. Egy-egy gép mellé ezért nemcsak programkönyvtárat építenek ki, hanem pl. külön szubrutinkönyvtárat is, és a gép felhasználója ebben a program-szubrutinkönyvtárban ugyanúgy válogathat, elemeit ugyanúgy kombinálhatja, mint ahogy a szerkesztési munkában szokás könyvek, rajzok részleteit egymáshoz csatolni vagy önálló művekbe beépíteni.

Törekvések vannak arra, hogy a számítógépet a programozási munkában „önállósítsák”, azaz megtanítsák az „*automatikus programozás*”-ra. Az igazi automatikus programozás abban állana, hogy az automata maga dolgozna ki („generálna”) programot valamely feladat megoldására, és



ebben az esetben elegendő lenne csak magát a feladatot közölni vele. Azzal már nem kellene törődni, hogy a számítógép miképpen oldja meg a dolgát: hol generál önálló programrészleteket, és hol épít be meglevő programokat vagy szubrutinokat – amelyeknek a lajstroma memóriájában természetesen a rendelkezésére áll – a műveletek láncolatába.

A kísérletek során a gépekkel közlik azokat a kritériumokat, amelyeknek meg kell felelniük a programoknak, s a gépet arra kötelezik, hogy a kísérleti programot hasonlítsa össze e kritériumokkal: amennyiben egyezést talál, megfelelő a program, amennyiben az eltérések a megengedett mértéknél nagyobbak, nem. Ámde ezek a próbálkozások eddig nem ve-



zettek olyan eredményekre, amelyeknek a gyakorlat is hasznát láthatná. Így az ilyen jellegű, azaz a valódi automatikus programozástól még messze vagyunk. Amit jelenleg „automatikus programozás" néven több reménnyel emlegethetünk, az csupán arra teszi képessé a gépet, hogy bizonyos „szervezőprogram" segítségével szubrutinokat szólítson be a memóriájába, és programot építsen fel belőlük: ez idő szerint tehát csak „előre gyártott elemek" összerakásáról van szó, új elemek generálásával általában nem foglalkoznak.

Mammutprogramok

Ma már a programok készítése „*nagyiparrá*" vált. Valamikor a számítógépekkel együtt adták el a működtetéséhez szükséges programok, szubrutinok könyvtárát is. Ez ma is megtörténik, mind gyakoribb azonban a programozásnak és a programok közvetítésének új „iparágként" való

kezelése, a programok önálló forgalmazása, önálló programozó vállalatok megjelenése. Valamikor nem nagyon csináltak hosszabb programokat, mint néhány száz vagy néhány ezer utasításból állókat. Ma azonban egyáltalában nem ritkák az olyan programok, amelyek több millió utasításból állnak.

A dolog ott kezdődik, hogy a megrendelő közli a kívánságait a programozó vállalattal. Az iparvállalat vezetője pl. programot rendel meg valamely műhelyének számítógépes automatikus vezérlésére, vagy egy kereskedelmi vállalat vezetője rendel meg programot a megrendelések adminisztrációjának olyan gépesítésére, amely végigkíséri a megrendelés útját a gyár termelőegységein is egészen addig, amíg a késztermék el nem indul a megrendelőhöz stb. Ilyen esetekben a kívánságoknak olyan formát kell ölteniük (ezt a formát az ún. szervezők vagy modellezők adják meg), amelyet a programozó matematikusok minél világosabban, minél egyértelműbben „dekódolhatnak" a maguk számára. A megrendelést a „programtervező" kapja kézhez. Ő az, akinek meg kell terveznie – tulajdonképpen nem magát a programot, hanem – a program elkészítésének a menetét. Neki már sokkal nagyobb pontossággal kell közölnie a saját elgondolásait a programozó munkacsoportokkal, amelyek majd a menetrendnek megfelelően kidolgozzák az egyes részleteket. Erre a célra speciális nyelvek állanak rendelkezésre. Ezek nem tévesztendők össze magukkal a programnyelvekkel, ezeknek ugyanis az a rendeltetésük, hogy a programozók számára fogalmazzanak meg közleményeket, vagyis a programozók szükségleteihez kell igazodniuk. Amikor – a programtervező és a teamek vezetői tanácskozásainak alapján – elkészült a programozás menetrendje, akkor ezt esetleg beviszik egy számítógép memóriájába is. Az egyes teamek a memóriából bármikor kiszólíthatják ezt a menetrendet, és választ kérhetnek tőle olyan kérdésekre, amelyek saját részletmunkájuknak az egésszel való összefüggésére vonatkoznak. Ha a menetrend valamely részlete megváltozik, vagy a menetrend valamely szakasza már „valósággá" vált, azaz már kidolgozták az e szakasznak megfelelő programrészletet: ezt is azonnal beviszik a számítógép memóriájába, amely ilyenformán a program elkészítésének minden állomásán „up to date" (naprakész) nyilvántartást tud szolgáltatni a dolgok állásáról.

A teamek éppen olyan pontos munkatervek alapján működnek együtt, mint amilyenek valamely komplex beruházás megvalósításakor érvényesülnek. Az időpontok betartása ez esetben is rendkívül fontos, hiszen a program bizonyos részletei feltételezik azt, hogy már rendelkezésre álla-

nak a korábban elkészült részletek. Itt is vannak tehát „kritikus utak", és ez esetben is előre ki kell dolgozni az előrehaladás lehetséges új ösvényeit arra az esetre, ha valamely határidő betarthatatlanná válna.

A programtervező a kész programrészletekből szerkeszti meg a mammutprogramot. Menet közben minden programrészletet alaposan megvizsgál.

A fordítás

A programnyelven felírt program még nem „gépi program". Ezt a gép nem tudja közvetlenül végrehajtani. „Nem érti" meg. Ahhoz, hogy végre tudja hajtani, le kell fordítani a gép saját (belső) nyelvére, vagyis a programnyelven írt programból „gépi program"-ot kell készíteni. Ezt fordítóprogramok, COMPILER-programok végzik el. Valamikor, a programozás őskorában, a programozónak kellett gépi nyelven megfogalmaznia az összes utasításokat. Ez körülbelül olyan szellemi terhelést rótt egy több ezer utasításból álló program „fordító"-jára, mint amilyen fizikai terhet rótt a rabszolgára annak idején az egyiptomi fáraópiramisok köveinek a csúsztatása, vonszolása. A fordítónak pontosan ismernie kellett azokat a folyamatokat, amelyek egy-egy művelet során magán a gépen végbementek (ismernie kellett a „gépi kód"-ot).

A fordítóprogramok, a COMPILER-programok részét képezik azoknak a vezérlőprogram-rendszereknek (operációs rendszereknek, OPERATING SYSTEM-eknek), amelyek a számítógép bonyolult belső ügyvitelét látják el, és automatikusan szabályozzák a számítógépnek a kiegészítő berendezésekkel, a perifériákkal való kapcsolatát is. Az operációs rendszerekről később külön szólunk. Az algoritmikus programnyelvek és a gépi programnyelvek között közbülső fokozatként játszanak szerepet az ún. ASSEMBLER típusú programnyelvek, ezek gépre orientált, szimbolikus programozási nyelvek, amelyek közel állnak a teljesen részletes gépi nyelvekhez.

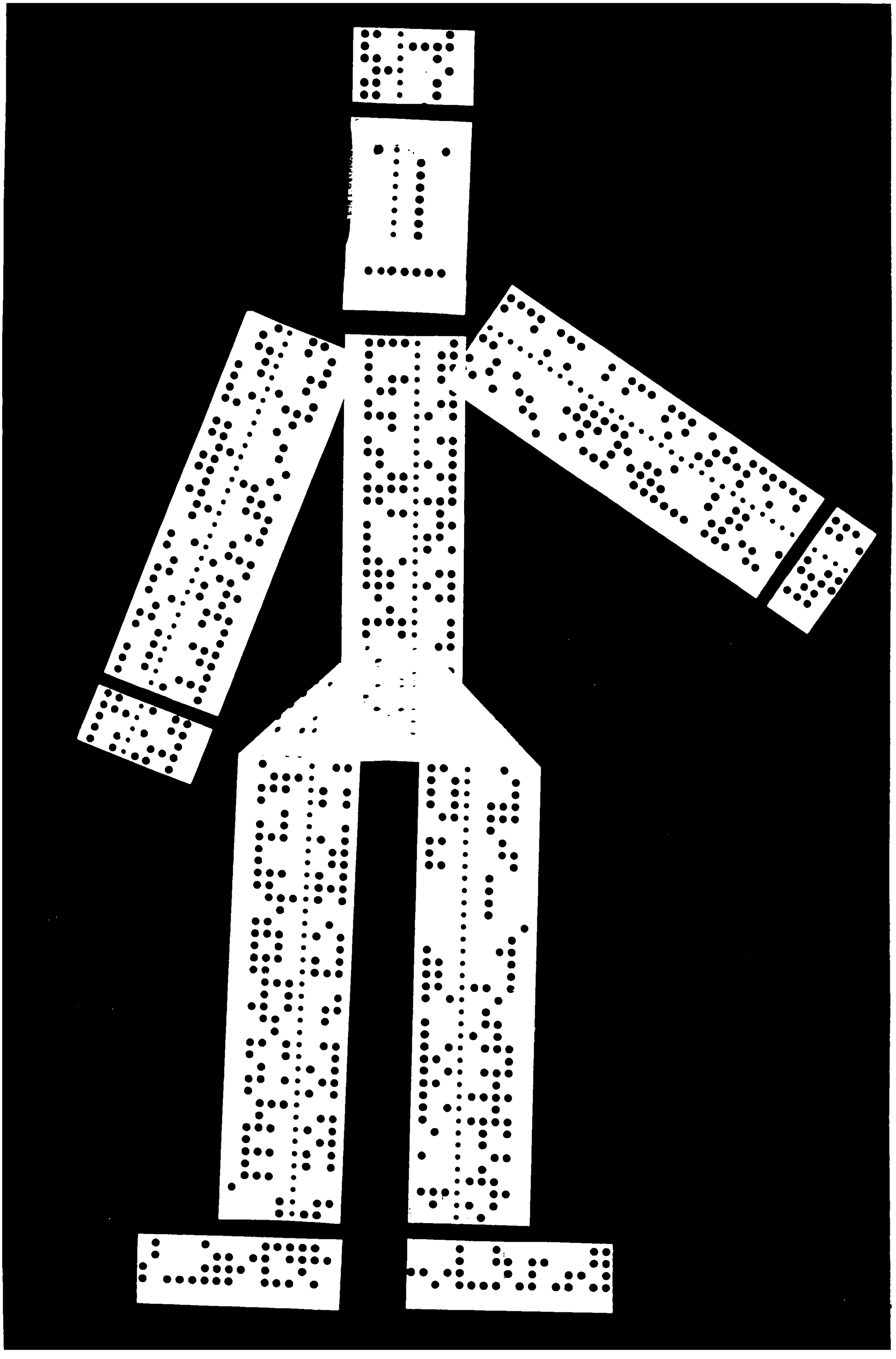
A gépi program maga csupa 1, 0 jelet, pontosabban mondva 1-nek és 0-nak megfelelő billenőelem-állapotot tartalmaz: ezeket az állapotváltozásokat a vezérlőegység automatikusan végrehajtathatja. De tulajdonképpen még ez a gépi program sem tekinthető teljesen befejezettnek. Nincsenek még „kifejtve" benne azok az utasítások, amelyek kivétel nélkül minden programban ugyanúgy fordulnak elő. Ilyen pl. az arra vonat-

kozó utasítássorozat, hogy az adatokat be kell olvasni a külső tárolókról a belső memóriába, vagy hogy az eredményeket ki kell vinni a belső tárolóból a villamos írógépre vagy a gyorsnyomtatóra stb. Ezért a gépi program egy „szerkesztőprogram" gondozásába kerül, amely ezeket az állandó részleteket hozzáilleszti. Ekkor áll a gépi program „futtatásra" készen. Most már valóban nincs más hátra, mint „megnyomni a START-gombot", hogy a program egészen addig fusson, amíg nem találkozik az automatikus STOP utasítással. A programot s az adatokat, amelyeken a programot végre kell hajtani, olyan alakban kell a számítógépen kívül tárolni, amelyben – „ha üt az óra" – elindulhatnak a számítógépben. Feljegyezhetik azokat pl. lyukkártyákra, lyukszalagra, mágneslemezre, mágnesszalagra, mágnesdobra, azaz valamely „periferiális tár"-ra, „külső tároló"-ra.

Lyukkártya, lyukszalag

A lyukkártyát a Hollerith-rendszerű adatfeldolgozó gépek már régen közismertté tették. Rendszerint 80 oszlopot és 12 sort találunk rajta. A szabály az, hogy egy-egy jelet egy-egy oszlopban rögzítenek. Egy számjegy jelölése egy pozíció átlyukasztásával történik. Betű vagy más írásjel jelölésére azonban – az alkalmazott kódtól függően – egy-egy oszlop két-három pozícióját is át kell lyukasztani. Az alkalmazott kódot nemcsak a kártyalyukasztónak, hanem a számítógép berendezéseinek is „ismernie" kell, az utóbbiakkal ezt alkalmas módon kell közölni.

A lyukszalagra elvileg azonos módon jegyezhetők fel a jelek. A szalag hosszára merőleges sorokban 5–8 pozícióba lehet lyukakat ütni, s ilyen módon lyukkombinációkat előállítani. A lyukszalagra lyukszalag lyukasztó berendezéssel stb. lehet felvinni (belyukasztani) a jeleket. Miközben a lyukasztógép billentyűivel közöljük a jeleket, és előállnak a lyuksorozatok, a nekik megfelelő alfanumerikus jelek (a betűk és a számok stb.) nyomtatott formában is megjelenhetnek az írógép papírján, és ilyen módon vizuálisan ellenőrizhető a lyukszalag feljegyzéseinek helyessége. Mindamellett más ellenőrzési lehetőségről is gondoskodnak. Így pl. minden jelet csak vagy páros, vagy páratlan számú lyukkal képviseltetnek. Amennyiben a lyukak száma nem elégíti ki ezt a követelményt, akkor a „paritásbit" (ellenőrzőbit, párosságbit) kiegészíti a lyukak számát párosra vagy páratlanra. A paritásbit számára külön fönntartanak minden



sorban egy pozíciót, vagyis a szalag egész hosszában egy csatornát, az ún. paritáscsatornát. Ez lehetővé teszi, hogy az ellenőrző tesztprogram később már azáltal is automatikusan felfedezhesse az esetleges hibát, hogy valamelyik sorban nem páros vagy nem páratlan számú lyukat észlel. Ha a paritáscsatornán kívül az összes többi csatornát – vagyis hét csatornát – jelek rögzítésére használják fel, akkor összesen 128 bitkombináció állhat elő, ami bőven elegendő az ábécé összes betűinek (a nagy- és a kisbetűknek) és az 1–9 számjegyeknek, továbbá a különböző írás- és műveleti jeleknek a képviseletére.

Mágnesszalag, -lemez, -dob és -kártya

A mágnesszalagos külső tároló, a mindennapi életből közismert magnetofonszalagra hasonlít. Ugyanolyan rögzítési elvek érvényesülnek a használatakor, mint a magnetofonszalagnál. Itt is, mint a lyukszalagon, átmágnesezett és át nem mágnesezett pozíciók kombinációival lehet egy-egy sorban jeleket rögzíteni. A beírás ún. írófejjel történik. Ez egy nyitott vasmag, amelynek a tekercsébe áramot vezetnek, ha mágnesezett helyet kell előállítani, és nem vezetnek áramot, ha nemmágnesezett helyet kell előállítani. Az írófej mágneses erővonalai éppen a szalag valamely pozícióját képesek átmágnesezni. A szalagot a feljegyzésnél, a rend kedvéért, mezőkre osztják (egy-egy mezőbe rendszerint csak egy adatot jegyeznek fel), a mezők rekordokba, a rekordok pedig blokkokba tömörülnek.

Minthogy a mágnesszalagon is fönntartanak egy csatornát a paritásbitek számára, ugyanúgy, mint a lyukszalagon, ezért 7 pozíciós sorok esetén csak 6, 9 pozíció esetén pedig csak 8 pozíciót lehet ténylegesen adatrögzítésre felhasználni.

A mágnesszalag hosszúsága rendszerint 730 méter, kapacitása 300 000–800 000 byte, 15–22 millió karakter, vagy még nagyobb lehet, az adatokat 50 K byte másodpercenkénti sebességgel tudja bevinni a számítógépbe, vagyis nagyon gyorsan. A mágnesszalag egyébként „lassú" memória. A szalag mozgási sebessége 0,70–1 m/s, a megállás ideje 20–50 ezredmásodperc, tehát másodpercek telhetnek el, amíg egy-egy blokkot megtalálnak, márpedig a szalagról nem lehet közvetlenül kiolvasni egy adatot, hanem csak egy egész blokkot. Egy-egy blokk megtalálása, „kikeresése" attól a pillanattól számítva, amikor a központi egység kiadja a kere-

vesi parancsot, viszonylag hosszú ideig tart. Ennyi idő alatt a számítógép aritmetikai egysége több százezer műveletet is végrehajt.

A mágneslemezes tárak olyanok, mint a gramofonlemezek – ezektől eltérően azonban nem találunk rajtuk hangbarázdákat, e helyett mágnesezett és mágnesezetlen pozíciókat tartalmaznak. A mágneslemez tehát ugyanolyan elveken alapuló feljegyzéseket tartalmaz, mint a mágnesszalag. Egy-egy lemeztár rendszerint egy tengelyre felszerelt 6 lemezből áll. A legfelső és a legalsó lemezoldal nincs mágnesezve. A megmaradó tíz hasznos lemezoldal egyenként – rendszerint – 100–100 tárolósávot tartalmaz, minden sáv 20–20 szektorra (szegmensre) oszlik. Egy közepes nagyságú lemeztáron 7–8 millió byte helyezhető el.

A beírás itt is írófejekkel történik. A beírófej – amint a mágnesszalagnál – egyben itt is olvasásra is szolgál. Minden lemezoldal felett van egy a tengelyre merőleges irányban mozgó író-olvasó fej. Az adatok beírása „virtuális henger"-ek palástjaira történik. Amikor valamelyik lemez meghatározott mélységű sávja (a lemez peremétől meghatározott távolságban levő sávja) megtelik, akkor a következő lemezoldal azonos mélységű sávja íródik tele, majd a következő lemezoldal azonos mélységű sávja stb., vagyis lényegében egy hengerpalástra történik a beírás. Ilyen módon érik el azt, hogy az összetartozó utasítások, adatok egy-egy hengerpaláston – virtuális hengerpaláston – helyezkedjenek el. Ez lecsökkenti a beírás (kiolvasáskor pedig a kiolvasás) időszükségletét. Azoknak az írófejeknek kell ez esetben mindig működniük, amelyek egymás alatt, a peremek szélétől azonos távolságban állanak, átlagosan a legkevesebb elmozdulást ez a működési mód kívánja meg. Még jobban megnövelhető a működési sebesség akkor, ha egy-egy karon több író-olvasó fejet helyeznek el. Végül rögzített író-olvasó fejek esetén csak maguknak a lemezeknek kell mozogniuk.

A mágnesszalagon a kiolvasáskor végig kell böngészni az egész feljegyzést addig, amíg az illetékes blokkra rá nem akadunk; itt, a mágneslemezes tárban elegendő ráállniuk az író-olvasó fejeknek a virtuális hengerpalástokra, és egyik oszlopuk máris éppen a keresett adatcsoport felett állhat. Ez tehát a mágnesszalaggal ellentétben közvetlen elérésű tár. A nagy lemeztárak több ezer fordulatot tehetnek meg percenként, és másodpercenként több százezer byte-os sebességgel vihetik be az utasításokat és az adatokat a számítógép belsejébe. Az itt ismertetett előnyeik miatt jelenleg ezek a leggyakrabban alkalmazott külső tárak. Ha egyetlenegy adatot külön kellene kikeresni rajtuk, akkor sem haladná meg az

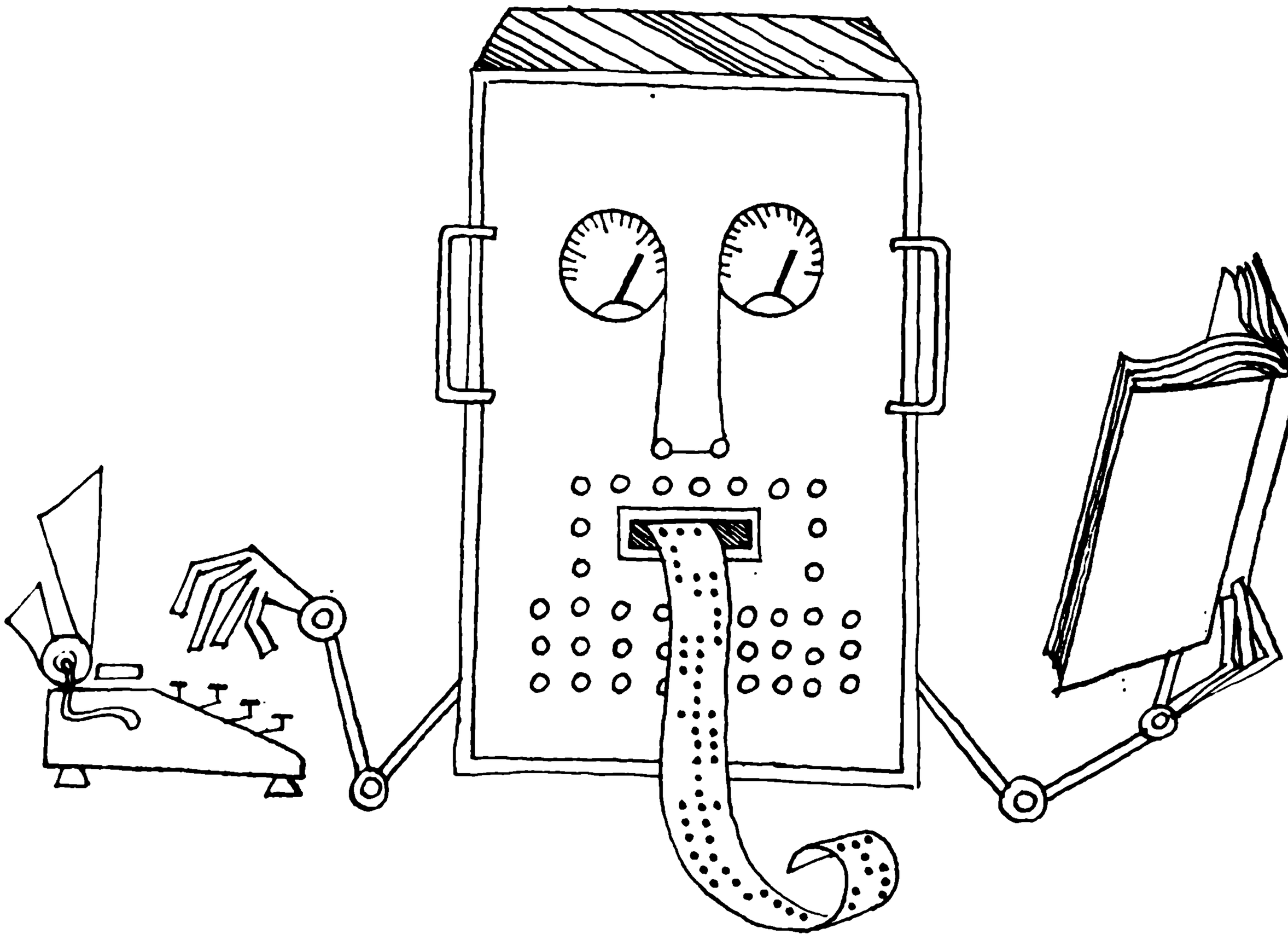
átlagos elérési idő az 50 ezred másodperces nagyságrendet. A számítógép belső memóriájának sebességéhez képest ez természetesen még mindig csak nehézkes cammogás, de hát a külső tárnak nem is az a rendeltetése, hogy versenyre keljen a belső tárral. Egy-egy mágneslemeztár lemezei cserélhetők. Legújabban már azt is megoldották, hogy egy-egy mágneslemezes tárat egyszerre több központi egység is használhasson.

A mágnesdobos tár: olyan henger, amelyet mágnesréteg borít. Ugyanúgy működik, mint a mágneslemezes tár: az író-olvasó fejek ez esetben is a forgó sávokra állnak rá. Az adatok feljegyzése a sávokra történik. Egy-egy henger több száz, több ezer sávot tartalmazhat, egy-egy sáv több ezer byte-nyi adatot őrizhet. A beírás (és a kiolvasás) sebessége igen nagy, minthogy a beíró (és olvasó) fejek a henger hosszanti tengelye mentén viszonylag nagy sűrűségben helyezhetők el. Ha valamilyen adatot közvetlenül keresünk vissza, elvileg (átlagosan) elegendő a mágnesdob egy félfordulatát megvárnunk a hozzáféréshez. A beírás és a kiolvasás sebessége elérheti a több százezer byte-ot másodpercenként.

Külső tárként mágnesezett kártyákat is föl lehet használni. Ezekre rendszerint a viszonylag tartósan őrzendő (például vezérlő-) jeleket visznek fel.

Optikai bizonylat

Ugyancsak külső tároló az ún. optikai bizonylat is. Ez tulajdonképpen semmi más, mint egy alkalmasan megszerkesztett nyomtatvány, amelyen a közlendő jeleket grafitceruza vagy más alkalmas eszköz nyomai őrzik. Grafitceruzával pl. aláhúzhatunk valamely szót a nyomtatványon, ebben az esetben a ceruza nyoma adatokat rögzít. Az így rögzített jeleket különleges olvasóberendezésnek kell elolvasnia, ez az optikai olvasóberendezés a grafitceruza nyomait a róluk visszaverődő fény alapján találja meg, a visszaverődő fény fotocellás vagy hasonló elvű berendezést működtet. Az olvasóberendezést, illetve magát a számítógépet természetesen meg kell „tanítani" arra, hogy miként értelmezze azokat a grafitceruzanyomokat stb., amelyeket valamely pozíciósorozatban talál. E célból alkalmas módon be kell vinni a memóriájukba magát a nyomtatványt is.



Olvasás, írás

Az olvasóberendezések (input perifériák, bevivő művek) ugyanúgy a számítógép központi egységének a perifériái, periferikus berendezései, mint maguk a külső tárak, amelyeket olvasnak. A kártya- és lyukszalag olvasó működhet (elektro-) mechanikus érintkező segítségével is: a mechanikus érintkező „érintkezik", vagyis áramkört kapcsol ott, ahol lyukat talál, és nem érintkezik, nem kapcsol áramkört ott, ahol nincs lyuk. Amikor a mechanikus érintkező áramkört zár, akkor a számítógép központi egységébe elektromos impulzus fut be. Ilyen módon a mechanikus érintkező működése impulzus-nemimpulzus kombinációkká alakítja át a lyukszalag lyuk-nemlyuk kombinációt. A fotocellás letapogató fénysugárral tapogatja le a mozgó papírszalagot. Minden sort külön-külön végigtapogat. Ahol a fénysugár lyukat talál, ott áthalad, beszalad egy fotocellába (vagy fotodiódába), és ennek révén áramimpulzust gerjeszt, amely befut a számítógép központi egységébe. Ha a fénysugár a pozícióban nem talál lyukat, akkor nem keletkezik áramimpulzus. Ilyen módon a fotocellás

letapogató is impulzus-nemimpulzus kombinációkká alakítja át a lyukszalag lyuk-nemlyuk kombinációit.

Az olvasóberendezések nagyon lassúak. A kártya- és lyukszalag olvasók másodpercenként 2000–3000 karaktert képesek bevinni a számítógépbe.

Azokat az olvasófejeket, amelyeket optikai bizonylatokkal kapcsolatban alkalmaznak, mind alkalmasabbá teszik nyomtatott (gépelt), sőt kézírásos alfanumerikus jelek olvasására is, egyelőre azonban csak viszonylag kevés ilyen minta felismerésére alkalmasak.

A perifériák közé tartoznak azok a berendezések is, amelyek segítségével a számítógép működésének eredményeit közli (output berendezések, kihozó művek). Ezek közül legegyszerűbbek a villamos írógépek. Bármilyen sebesen működjék is egy ilyen gép, viszonylag mégis lassú. Noha nem a központi egység főtára áll vele közvetlen összeköttetésben, hanem valamilyen átmeneti, közbenső tár (puffertár), hogy a központi egység kiírás közben háborítatlanul végezhessen más információfeldolgozási műveleteket: mégis rendszerint ún. gyorsnyomtatóval helyettesítik, ha a sebesség követelményként jelentkezik. A villamos írógép, miközben papírra nyomtatja a jeleket, egyidejűleg villamos impulzusokkal lyukszalag-, mágnesszalag leíró berendezéseket stb. is vezérelhet, amelyek a kigépelt jeleket egyidejűleg lyukszalagra lyukasztják vagy mágnesszalagra írják stb.

A gyorsnyomtatók (gyorsírók, printerek) két lényeges alkatrésze: a puffertár és a forgó dob, a betűhenger. A puffertár átveszi a számítógép főtárából a kinyomtatandó információkat. A forgó dob minden egyes forgó sávján ott vannak az összes alfanumerikus jelek kliséi. Így forgás közben az írópapír megfelelő pozíciója minden egyes fordulat során találkozik azzal a klisével, amely az ott kinyomtatandó jelnek felel meg. A papír mögött, minden nyomtatási helyen egy-egy nyomtató kalapács van. Ebben a pillanatban a vezérlőberendezés parancsot ad a megfelelő kalapácsnak arra, hogy az írópapíron át üssön rá erre a pozícióra: ekkor a jel kinyomtatása megtörténik, mert a kliséket egy festékhenger közvetlenül festékezi. Ilyen módon percenként több ezer sor nyomtatható ki. Ennél is gyorsabb eljárás a xerográfia: itt katódsugárcsőből kilépő elektronsugarak az alfanumerikus jelek maszkjain áthaladva, olyan dobra esnek, amely por alakú tintát szállít, és így a kinyomtatandó szöveget forgó papírra nyomtatják e tintapor segítségével. A nyomtatást követően kefék törlik le automatikusan a tintaport.

Átalakítók

Átalakítóknak (konvertereknek) nevezik azokat a perifériás berendezéseket, amelyek az adatok „átöltöztetésére" szolgálnak, azaz arra, hogy valamely a gépi műveletekhez meg nem felelő kódból olyan kódba alakítsák át őket, amelyben az adott számítógép már felismerheti, értelmezheti ezeket az adatokat. A digitális-analóg átalakítók pl. az analóg formában érkező adatokat alakítják át digitálisakká vagy megfordítva. Ilyen analóg formában érkeznek az adatok pl. a mérőberendezésekből; a legtöbbször folytonos feszültségingadozások alakjában. Az átalakító meghatározott időközökben letapogatja a feszültséget, mintát vesz róla, és ezt a mintát fogadja el digitális adatként. Ilyen módon a folytonos, megszakítás nélküli mennyiségeket diszkrét, egyedi adatokra bontja fel. Az üzemmódtól függően kerülhet az átalakított adatsor külső tárra vagy közvetlenül a központi egységbe. Más átalakítók lyukszalag jeleit alakíthatják át mágnesszalagnak megfelelő alakra stb., megint más átalakítók a táv-adatfeldolgozás szolgálatában állhatnak.

Megjelenítők

A perifériák között különleges helyet foglal el a katódsugárcsöves megjelenítő, a display. Ez arra alkalmas, hogy a számítógép eredményeit betűk, számok, görbék, idomok, általában képek alakjában vetítse elénk, vagyis ugyanolyan módon szemléltesse azokat, amilyen megjelenítést a televízió-vevőkészülékünk ernyőjén megszoktunk. Alfanumerikus displayről beszélünk abban az esetben, ha a képernyőn csak betűk, számok, írásjelek jelenhetnek meg, grafikus (aktív) displayről abban az esetben, ha nemcsak alfanumerikus jelek, hanem rajzok, ábrák is. A display nemcsak a központi egység kimenetével lehet érintkezésben, azaz nemcsak a működés eredményeit jelenítheti meg, hanem a bemenethez is csatlakoztatható, és ebben az esetben azokat az adatokat jeleníti meg, amelyeket be akarunk vinni a számítógépbe. Ha az alfanumerikus displayt a bemenethez csatlakoztatjuk, akkor billentyűzet segítségével alfanumerikus jeleket (betűket, számokat, írásjeleket) küldhetünk a képernyőjére. Ugyancsak a billentyűzet segítségével adhatunk olyan utasításokat a displaynek (helyesebben magának a számítógépnek), hogy végezzen el bizonyos számításokat, közölje e számítások eredményeit.

A grafikus displayt nemcsak billentyűzet, hanem fénytoll (fényceruza) segítségével is elláthatjuk információkkal. A fénytollal rá lehet mutatni a képernyő valamely részletére, a fénytollban levő fényérzékeny elem (fototranzisztor, fotodióda, fénysokszorozó) segítségével a számítógép azonosítani tudja azt a pontot, amely a fénytoll előtt áll a képernyőn. Amikor ugyanis ez a pont felvillan, akkor a fényérzékeny elem szolgáltatta jel intenzitása ugrásszerűen megnő. A számítógép ebből megtudja, hogy melyik pontra mutat rá a fénytoll. Ez lehetőséget ad arra, hogy a képernyőn levő ábrákat a fénytollal módosítsuk. Ha a fénytollat végigvisszük a képernyő felülete felett valamely tetszés szerinti (görbe, egyenes) vonalon, akkor e fényérzékeny elem révén a számítógép követni tudja a fénytoll útját, és utasításokat tud adni, hogy ennek az útnak a nyomait (a görbe vagy egyenes vonalakat) a megfelelő berendezések rajzolják ki a képernyőre.

Mi történik az alfanumerikus display belsejében? Amikor adatok érkeznek, a display vezérlőegysége beírja azokat egy memóriába: az ún. recirkulációs tárba. Innen kiolvashatja őket, megjelenítteti azokat a képernyőn. Ez az ún. karaktergenerátor segítségével történik. A karaktergenerátor legfontosabb alkatrésze ugyanolyan katódsugárcső, mint amilyennel – képcsőként – a tévé-vevőkészülékünkben is találkozhatunk. A katódsugárcső elektronsugarakat lövell ki egy fénykibocsátó anyaggal bevont ernyőre. Ahol a sugár találkozik az ernyővel, ott felvillanás keletkezik. A sugarat elektromágneses eltérítőkkel eltérítik – vezérlik – éspedig olyan módon, hogy végül is éppen a megfelelő karakter (betű, szám, számjegy stb.) rajzolódjék ki a képernyőre. Ilyen módon magát a karaktert látjuk a képernyőn felvillanni. Ez a felvillanás – a karakternek megfelelő pontok felvillanása – azonban rövid ideig tart. Hogy a karakter folyamatos képét láthassuk, gyors egymásutánban újra fel kell vinni a képernyőre. Ezért a vezérlőegység újra és újra kiolvastatja a karaktert a recirkulációs tárból, és újra és újra megjelenítteti a képernyőn. Ezt másodpercenként mintegy 25–65 (a legtöbbször 50) alkalommal megismételteti. Éppen ennek az ismétlésnek a lehetővététele a recirkulációs (ismétléses) tár feladata, erről kapta a nevét is. A felvillanások ilyen gyakorisága összefolyó, folyamatos képet láttat velünk.

A karaktergenerátor elvileg kétféle módon működhet. Az egyik módszer: a letapogatás. A másik módszer: a betűrajzolás, a karakterrajzolás. A grafikus megjelenítő a lényegét tekintve ugyanolyan módszerekkel működik, mint az alfanumerikus, ámde természeténél fogva sokkal ki-

hatmultabban kell alkalmaznia ezeket a módszereket. Raszteres megoldás esetén az elektronsugár végigpásztázza a képernyőt, akárcsak a televízió-vevőkészüléken, és valamely ponton vagy felvillanást okoz, vagy sem. Ilyen módon a néző előtt fekete-fehér ábra jelenik meg. Az ilyen raszteres megoldás csak viszonylag egyszerű, kevés részletet tartalmazó ábrák leképezésére alkalmas, minthogy a rendelkezésre álló tárkapacitások nagy részét annak a „nyilvántartása" foglalja le, vajon a képernyő valamely pontját ki kell-e világítani vagy sem, illetve kivilágított-e vagy sem; emiatt nem jut elég kapacitás a részletekre. A rajzoló rendszerű displayben az elektronsugár nem pásztázza végig az egész képernyőt, csak azokat a pontokat keresi fel, amelyeket fel is kell villantania. Ez azonban két lépcsőben történik. Előbb a rajzolandó mértani idom adatait beviszik egy tárba. Ezeket az adatokat a tár egy generátorba öki át, ez a generátor bocsátja ki azokat a vezérlőjeleket, amelyek magát a mértani idomot a képernyőn, minden részletével egyetemben létrehozzák. A generátor vízszintes és függőleges irányú eltérítéseket tud létrehozni, továbbá minden pontra vonatkozóan vezérli a felvillanás fényerejét is. Ez esetben is szükséges a felvillanások ismételtetése (esetleg nemcsak 50-szer, hanem 100-szor is végre kell hajtani másodpercenként).

A displayk, e különleges perifériák területén hozakodtak elő talán a legrövidebb idő alatt a legtöbb újdonsággal. Olyan tárolócső is megjelent, amely feleslegessé teszi a felvillanások megismétléseit, és mégis fenntartja a folytonosság, a folyamatosság látszatát. Ez a tárolócső az ún. másodlagos elektronkibocsátás jelenségét használja fel. Ezt a jelenséget felhasználva az egyszer előállított képet akár egy órán át is változatlanul fenn lehet tartani. Ez a tárolócső hátrányokat is hoz magával, pl. azt, hogy nem lehet törölni az általa felvett kép egyes részleteit.

Magának a képernyőnek az anyagát is többféle megoldással állítják elő. Így pl. plazmalemezt alkalmaznak. Ez nem más, mint kis gázsejtek mátrixa, azaz olyan kockák egymásra merőleges sorokból álló hálózata, amelyeket gázzal töltenek meg. Ha egy-egy ilyen kocka elektromos feszültséget kap, a benne levő gáz ionizálódik, és fényt bocsát ki. Épülhet a megjelenítő fotokrómanyagokra, folyékony kristályok alkalmazására is. Alkalmazásra talált a displaykben a lézersugár is. Mint említettük, már működnek színes displayk, vagyis olyan megjelenítők, amelyek mind az alfanumerikus jeleket, mind pedig az idomokat, ábrákat színesen is meg tudják jeleníteni, nem csupán fekete-fehérben. Kifejlesztettek „sugárzási frekvencia transzformátor"-t, ez a gallium-arzenid lézer egyfajta hullám-

hosszú sugárzását elnyeli, és helyette másfajta hullámhosszúságú sugárzást bocsát ki. A diódán áthaladó áramerősség változtatásával az újonnan kibocsátott fény hullámhosszait is változtathatják. Így az újonnan kibocsátott fény a zöldtől a vörösig terjedő spektrumban modulálható. Szerkesztettek olyan sugárzási frekvencia transzformátort is, amelynek kibocsátott fénye nem az áram erősségétől, hanem az áramimpulzusok gyakoriságától függően változtathatja a színét. Az ilyen transzformátor (generátor) a digitális gépekben működő diszkrét áramimpulzusok természetének jobban megfelel.

A display működtetéséhez – amint a fentiekből kitűnik – számítógép szükséges. Működtetése háromszintű programcsomagok alapján történik. A legalsó szintű programok mintegy a közvetlen végrehajtást szolgálják: az ábra rajztechnikai alkotóelemeit kezelik. A következő emeleten olyan programokat találunk, amelyek az idomok teljes leírásait kezelik, azaz azokat a szubrutinokat működtetik, amelyek az idomok kiszámításához és „nagy vonalakban" történő kialakításukhoz szükségesek. Végül külön programcsomaggal biztosítani kell, hogy a rajzot megfelelő szakmai információkkal kössék össze: hogy a rajzhoz, ha kell, gépészeti, ha kell, építészeti információkat csatlakoztassanak stb. Gondoskodni kell a különböző programszinteken álló programok összekapcsolásáról is: ezt a rendezőprogramok végzik el.

Mindez nagyon alkalmassá teszi a displayt arra, hogy az ún. interaktív tervezés szolgálatába állítsuk. Ennek során interaktív módon készülnek műszaki, építészeti tervrajzok, tervek, olyan módon, hogy az ember és a számítógép eközben együttműködik: az ember a billentyű és a fénytoll segítségével adatokat közöl a képernyővel, utasításokat ad neki, a számítógép végrehajtja az utasításokat, közli az eredményeket. Ekkor ismét az ember közöl új adatokat, új utasítások végrehajtását követeli meg stb. A displayes számítógép nagyon „intelligens" munkatárs a tervezésben. Sajátos működési programjai segítségével szinte „megérzi" az ember szándékát, és kijavítja azokat a hibákat, amelyeket az ember elkövet. A programozó pl. egyenes vonalat akart húzni, a valóságban azonban valamiféle ákombákom, girbegurbaság keletkezik, ami nem egyenes, de nem hasonlít valaminő szabályos görbére sem, ha a display operatív programja a vonal adatainak statisztikai jellegéből megállapítja, hogy ez bizony „egyenes akart lenni", akkor az operatív program egyenest rajzol ott is, ahol az ákombákom csak eléggé idétlenül közelíti az eredeti szándékot. Ugyanígy rajzol meg a display szabályos görbéket, téglalapokat ott

ahol a tervező bizony csak tökéletlen idomokat tudna felrajzolni. Ha a tervező olyan diagramot rajzol fel, amely hiányos, a gép pótolhatja a hiányt. A tervező az interaktív munka során bármikor törölheti a rajz vagy a szöveg valamely részletét, és újjal helyettesítheti. A billentyűzet segítségével utasítást adhat a megjelenítőnek, hogy a rajz valamely részletét nagyítsa össze, nagyítsa meg, állítsa elő több példányban, szállítsa a képernyő valamely meghatározott pozíciójából a képernyő valamely más pozíciójába, oda, amelyet a fénytollal megjelöl stb. Mód van arra is, hogy a megjelenítővel közöljük az ábra alkatelemeinek a méreteit, és ezek alapján a tervhez szükséges bonyolult számításokat elvégeztetünk vele.

Új motor, új billentyűzet

Számos periféria (lyukszalag-, mágnesszalag-, mágneslemez író-olvasó berendezések stb.) mechanikus mozgatást, meghajtóműveket igényel, másokat (írógép) billentyűkkel vezérelnek. Megjelentek a perifériákat meghajtó mozgótekercsű (lineáris) motorok. Ezek jóval gyorsabb mozgatást tesznek lehetővé, és ami még fontosabb: e mozgatásnak jóval pontosabb ellenőrzését engedik meg, mint a korábbi motorok. A korábbi motorok esetében ugyanúgy mechanikus, elmozduló fémalkatrészeket alkalmaztak, mint ez a technika más területein történik. De ezek a motorok a számítógép világában, ahol az ezredmásodpercek már hosszú időnek számítanak, a századmilliméterek pedig hosszú távolságnak: nem tudtak megfelelni minden követelménynek. A mozgótekercsű motorokban a forgórész huzaltekercsei nagy erősségű mágneses térben mozognak, ezt a mágneses teret állandó mágnes szolgáltatja. Az ebben a mágneses térben való elmozdulás sebességét és irányát azzal az árammal lehet ellenőrizni, vezérelni, amelyet a motorra rávisznek, vagyis az üzemeltetés az áram jellemzőinek függvénye. Az ilyen mozgótekercsű motor elvileg akár ezerszer is megállítható egy másodpercen belül, és mindig ott, ahol szükséges, s ugyanannyiszor meg is indítható, és mindig akkor, amikor szükséges. A megállítás pontosságát úgy érik el, hogy előbb nagyfeszültségű áramot közölnek a motorral rövid időtartamon át. Ezzel a motort az előre meghatározott sebességre gyorsítják fel. Amikor a forgórész már-már eléri az új szögpozíciót, ellenkező polaritású áramlökés éri, amellyel pontosan a kívánt pozícióban állítják meg a motort. A motorban nin-

csenek súrlódó alkatrészek, vagy csak igen kevés fordul elő belőlük. E motor kiválóan alkalmazható olyan perifériákban, amelyekkel lyukkártyákat, lyukszalagokat, mágnesszalagokat, mágneslemezeket mozgatnak, amelyekkel a gyorsnyomtató hengereit forgatják.

Újfajta billentyűzetet szerkesztettek azokhoz a villamos írógépekhez, amelyekkel a lyukszalagokra, mágnesszalagokra visznek rá adatokat úgy, hogy közben az írógép a szokásos alakban ki is nyomtatja ezeket az adatokat. Az új billentyűzet jobban igazodik az emberi kéz szerkezetéhez, mint ahogyan a régiek igazodtak. A jelenleg világszerte használt írógépeken a billentyűk egyenes sorokban foglalnak helyet. Ez tulajdonképpen nem felel meg annak, ahogyan az emberi kéz ujjainak utolsó ujjpercei elhelyezkednek. Az új billentyűzetek gombjai olyan görbék mentén helyezkednek el, amelyek megfelelnek az ujjak, illetve az ujjak utolsó ízületei elhelyezkedésének. Ez az új billentyűzet arról tanúskodik, hogy figyelembe vettek – az ember és a gép viszonya tekintetében – olyan tanulságokat, amelyeket ergonómiai vizsgálatok szolgáltattak. Hasonlóan figyelembe kívánnak venni ergonómiai vizsgálati eredményeket a perifériák további fejlesztésében is, olyan céllal, hogy az emberi szervezet követelményeit jobban kielégítsék.

2 | A GÉP ÉS SZERVEZETE

A operációs rendszer

Az eltelt húsz esztendő alatt a számítógépek programozása nagy változásokon ment át, a fejlődés ma is folytatódik, és nem is tudhatjuk, mi lesz a végső állapot. A fejlesztési célkitűzések lényege mindig az volt, hogy a gép minél általánosabb nyelven értsen, azaz azok a nyelvek, amelyeken algoritmusok írhatók fel a gép számára, lehetőleg ne különbözzenek attól a nyelvtől, amelyen az emberek egymással gondolatokat cserélnek.

Maga a gép, mint már említettük, „egyből" nem érti meg a számára absztrakt nyelven írt algoritmusokat: azokat előbb le kell fordítania a saját nyelvére. A fordítást fordítóprogramok segítségével maga a gép végzi.

A fordítóprogramon kívül számos más programrendszer is tartozik egy-egy számítógéphez. Ezek a programrendszerek különféle szolgáltatásokat nyújtanak, ezek nélkül egy mai gép „félkarú óriás" lenne.

A számítógépek lényegében két „dologból" állnak: hardware-ből és software-ből. A hardware maga a gép, kb. 250 elemi utasítással. A software az a sok programrendszer, amely a hardware-t „élővé" teszi, olyanná, hogy az embernek szinte hétköznapi szavakkal van módja közölni a problémákat, illetve a megoldási módszereket.

A mai korszerű számítógépek programja – egy kis túlzással – akár a következő szavakkal is megadható: „Légy szíves oldd meg a következő másodfokú egyenletet, ha a megoldás módja a következő . . ." Ahhoz, hogy a gépnek jó software-je legyen nagyon sok emberi munka szükséges. (Több száz ember több éves munkáját emészti fel.)

Éppen ezért a software drága dolog: a mai gépek árából mintegy 60-70% a software-ért fizetendő ki.

A software egyik nagy programrendszere: az *operációs* rendszer a gép belső működésének szervezésével foglalkozik. Ez köti össze „szellemileg" a különféle egységeket, ez szervezi és adminisztrálja a megoldandó feladatot, attól kezdve, hogy a valamilyen algoritmikus nyelven megírt

program lyukkártyákon vagy lyukszalagon bekerült a beolvasó berendezésbe.

Azokat a programokat, programrendszereket, amelyek valamilyen konkrét eljárást, tehát algoritmust írnak le, *felhasználói* programoknak nevezzük.

Az operációs rendszerek nagy része kétféle üzemmódban működik. Az egyik rendszer az ún. „kötegelt" (batch) futtatás, amin azt értjük, hogy a gép egyszerre több program „kezelését" kezdi el. Ez röviden a következőt jelenti: elindítja az első programot (a „legnagyobb elsőbbséget" élvező programot). Ha ebben éppen valamilyen perifériához kell fordulni, akkor, hogy addig se álljon a központi egység, elkezd egy másik programot futtatni. (Természetesen ettől függetlenül folytatja a perifériáról történő olvasást, hiszen ehhez elég sok idő kell, és éppen ezt használja ki közben a központi egység.) Egy ilyen programlánc 10–20 programig folytatódhat. Azt szoktuk mondani erre az üzemmódra, hogy a gép kötegelt programokat multiprogramozással hajt végre.

A másik módszer az időosztásos (time sharing) működés. Ebben az esetben is sok programot kezel egyszerre a számítógép, de egy-egy programmal csak megadott (igen rövid) időszeletig foglalkozik. Időosztásos működés esetén minden felhasználó (aki ilyenkor a számítógép egy olyan írógépe mellett ül, amelyen át közvetlen kapcsolat létesíthető a számítógéppel) úgy érzi, hogy a gép csak vele foglalkozik.

Multiprogramozás

Mint már említettük a modern gépekben egyszerre több program is futhat, más szóval a modern gépek multiprogramozhatók. Ez azt jelenti, hogy a gép egyszerre, egyidejűleg több programmal „foglalkozik", miközben az egyik program aritmetikai műveleteit végzi, a másik program adatait éppen átolvassa a lemeztárból a központi memóriába, a harmadik program eredményeit kinyomtatja stb. A memóriát az automata osztja el rugalmasan, a pillanatról pillanatra változó igényeknek megfelelően. Az automata jelöli ki, hogy melyik program kezdheti meg a futást, és milyen memóriamezők állnak a rendelkezésére. Itt különös hajlékonyságot tesz lehetővé a virtuális tároló „lapozó" technikája. A programozónak vagy az operátornak ez esetben csak az a dolga, hogy a végrehajtásra váró programokat osztályokba sorolja: közölje, melyiknek

mekkora a várható feldolgozási ideje, mennyi, mekkora memóriakapacitást igényelnek a főtárból, milyen bemenetekre, milyen kimenetekre van szükség az adatok beolvasásához, illetve az eredmények közléséhez és így tovább.

Vegyük szemügyre a korszerű számítógépek működését. A gép „üres", csak a szerkezet (a „hardware") áll előttünk: a gép most tehetetlen, programok nélkül a tetszhalál állapotában van.

Az operátor legelőször is a „betöltő program"-ot (a „loader"-t) küldi be egy gombnyomással a központi egység operatív tárába. Ennek a programnak birtokában a gép már alkalmas programok, adatok befogadására. Az operátor ezután beküldi az operatív tárba az operációs rendszert, amely nélkül semmiféle működés sem lehetséges.

Az operációs rendszer olyan rugalmasan változtatható terjedelmű (vagyis bővíthető és szűkíthető) „programcsomag", amely sok programból áll. Legfőbb programja: a szervező vagy végrehajtó program. Ez a programrendszer a „legfelsőbb" fokon áll (az operatív tárban foglal helyet), s valamennyi program fölött, a teljes géprendszer fölött gyakorolja a felügyeletet. Az operációs rendszer összes többi programja neki engedelmeskedik, az ő parancsára kezd el működni, az ő parancsára hagyja abba működését. A szervező program tevékenysége tulajdonképpen abban áll, hogy mindig más-más programnak adja át a vezérlést. Olyan, mint valami karmester, akinek intésére a különböző hangszerek – a programok – megszólalnak, majd elhallgatnak.

Az operációs rendszernek egyik programja – amint már utaltunk rá – a fordító program (a „compiler program"). Az operációs rendszernek általában több fordító programja van. Ha valamely megoldandó feladatot – felhasználói programot – töltenek be a gépbe, ezt a fordító program lefordítja gépi programmá – közvetlen gépi utasításokat tartalmazó programmá – alakítja át. A fordító programmal együtt érvényesülnek a hibajavító programok utasításai is: hibák esetén hibalista készül (ennek alapján a programozó hibajavító, módosító listát készít stb.).

A lefordított felhasználói programot rendszerint a „szerkesztő program"-nak is kezelésébe kell vennie. Erre már ugyancsak utaltunk. – A szerkesztő program szintén az operációs rendszer része, s az a feladata, hogy kibővítse a programot azokkal az utasításokkal, amelyeket azért nem szőttek be a felhasználói programba, mert minden programban előfordulnak, s mindig ugyanúgy fordulnak elő (ilyenek pl. a soron követ-

kező programrészletek vagy adatok beszólítására, vagyis az „olvasásra” vonatkozó utasítások stb.).

Amikor egy lefordított, megszerkesztett felhasználói program befolyt az operatív tárba, azt a végrehajtó program „cédulá”-val látja el. Erre a címkére följegyzi tár- és időigényét stb., majd átadja az ütemező programnak – a „címke” az ütemező program tájékoztatására szolgál.

Az ütemező („scheduler”) programnak az a dolga, hogy ütemezzen, vagyis, hogy megszabja a felhasználói programok sorrendjét.

Az ütemező program ugyancsak „cédulá”-val, „címké”-vel látja el a hozzá beérkezett felhasználói programot, s erre felírja, milyen igényeket kell kielégíteni a végrehajtásához: milyen számolóművet (aritmetikát), milyen csatornákat, mennyi időre stb. köt majd le. Ez egyelőre „elvont igénylista” – a szükséges számolóművek, csatornák valóságos hozzárendeléséről itt még szó sincs. Az ütemező program a „cédulá”-ra (fejlécre) később rájegyzi a program prioritási (elsőbbségi) számát is.

Az elsőbbségi szám kiszámításában külön alprogramot vesz igénybe, ez az elsőbbségi program. Ez gondosan elolvassa azt a cédulát, amelyet korábban a szervező program ragasztott rá a felhasználói programra, elolvassa a félig elkészült ütemező „cédulá”-t, s mindebből megtudja, mekkora és pontosan milyen típusú igényekről, feldolgozásról van szó.

Az ütemező program azután sorba állítja a már elsőbbségi számmal ellátott felhasználói programokat (várniuk kell, amíg hely szabadul fel számukra az operatív tárban, a számolóműben stb.). Az ütemező program ezt a sort minduntalan le-letapogatja, és ha felszabadul az operatív tár, ha a benne levő adatokat a számolómű feldolgozta, az elsőbbségi számok alapján közvetlen végrehajtásra kijelöl a sorból egy programot.

Amikor valamelyik felhasználói program végrehajtása később valóságosan is megkezdődik, az ütemező program arról is gondoskodik, hogy „számlázzák” a végrehajtást, azaz följegyezteti: az adott program végrehajtása milyen műveket mennyi ideig vett igénybe.

Amikor az ütemező program végrehajtásra késznek minősít valamely felhasználói programot, azonnal jelentkezik a végrehajtó programnál, s illő módon átadja neki ezt a felhasználói programot. A végrehajtó program átveszi a felhasználói programot, s átadja a kapacitásokat elosztó (allokátor) programnak. Ez a program megvizsgálja azt a cédulát, fejlécet, amellyel az ütemező program látta el a felhasználói programot, s a fejléc „elvont” igénylistáját közvetlen igénylistává alakítja át. Ez annyit jelent, hogy a program részeinek és azoknak az adatoknak, amelyeken a

programot végre kell hajtani, meghatározott helyet jelöl ki az operatív tárban, meghatározott számolóművet jelöl ki a számolásra, abban az esetben, ha több számolómű van, ami ugyan ritkán fordul elő stb.

A kapacitásokat kiosztó program állandó nyilvántartást vezet arról, hogy mire van szükségük a felhasználói programoknak, milyen programok mekkora kapacitásra tartanak számot. Ezt az „igénytáblát" mindig fel-felfrissíti, állandóan letapogatja. Ha valamelyik programhoz minden szükséges kapacitás rendelkezésre áll, azt „futásra kész"-nek jelöli, s átadja a végrehajtó programnak.

A time-sharing rendszer

A „time-sharing" üzemmódban működő számítógép mindazokkal a „képesség"-ekkel föl van ruházva, amelyeket a számítógép-technika legkorszerűbb vívmányai kínálnak: nemcsak a multiprogramozásnak, azaz több program egyidejű futtatásának a lehetőségével, hanem azzal is, hogy távoli végállomásokról, végberendezésekről (terminálokról) közvetlen érintkezést lehet vele létesíteni, párbeszédet lehet vele folytatni, feladatokat azonnal, késedelem nélkül megoldatni. Mindennel, ami e téren korszerű, találkozhatunk, ha egy „time-sharing" rendszerű számítógépet szemügyre veszünk.

Ez a rendszer állhat egyetlen számítógépből, központi egységből, amelyet egy „processzor"-ral (vezérlőegységgel és számolóművel) és egy vagy több tárral látnak el. És állhat több számítógépből, központi egységből, amelyeket külön-külön több „processzor"-ral és több tárral is elláthatnak, s e számítógépeket egymással közvetlenül is összeköthetnek. Akár egyetlen számítógép (központi egység), akár több számítógép (központi egység) alkotja is a rendszert, mindenképpen megtaláljuk körülötte a perifériákat (külső lemeztárakat, adatátalakítókat, adatgyűjtőket, adatkoncentrátorokat stb.). E perifériák között azonban ez esetben különleges berendezéseket is találunk, olyanokat, amilyeneket azokban a számítógépekben, amelyek a „time-sharing" szintjét nem érik el, nem lelhetünk föl: ezek a terminálok, a végállomások (végberendezések).

A terminálok térben távol – esetleg több száz vagy több ezer kilométernyire – helyezkednek el a számítógéptől, közöttük mégis közvetlen kapcsolat teremthető: a terminálokról programot, adatokat juttathatunk be közvetlenül a központi egységbe, megfelelő formában kérdéseket tehet-

nek fel neki, s ezekre késleltetetten vagy azonnal választ ad. (Ez: távadatfeldolgozás, erre még visszatérünk.)

A terminálok általában információk küldésére és fogadására alkalmasak, de vannak „intelligens terminálok" is, ezek maguk is számítógépek. Az „intelligens terminálok" általában elvégzik azokat a számítógép-feladatokat, amelyek összeférnek képességeikkel (tárkapacitásukkal, sebességükkel stb.), s csak azokat a feladatokat továbbítják a központi, „time-sharing" gépeknek, amelyek az ő teljesítőképességüket meghaladják.

A „time-sharing" gép minden feladatot a tőle telhető legnagyobb sebességgel old meg. Ha már a program és az adatok a gépben vannak, a válaszidő a gép „legjobb képességei" szerint alakul. A válaszidő (körülfordulási idő) azzal a pillanattal kezdődik, amikor a gépbe befolyt a programnak, illetőleg az adathalmaznak az utolsó porcikája is, vagyis amikor a gép megkezdheti a program végrehajtását, és addig a pillanatig tart, ameddig a gép ki nem löki az utolsó eredményadatot is, azaz teljesen be nem fejezi a dolgát a feladattal kapcsolatban.

A „time-sharing" gépeket tulajdonképpen a velük összeköttetésben álló terminálokkal, végállomásokkal egy rendszernek kell tekintenünk. Ámde e rendszerhez hozzátartoznak azok az emberek is, akik a számítógépeket, a terminálokat működtetik, s közöttük az összeköttetést fenntartják, gondozzák. Itt tehát tulajdonképpen egy olyan rendszerről van szó, amelyben a feladatokat célszerűen megosztva együttműködnek emberek és gépek. Ebben a rendszerben az ember és a gép „együtt él", ez a rendszer „szimbiotikus".

Az időosztásos (time-sharing) módban üzemelő operációs rendszer működésének alapja az időszelet. Abban az esetben, amikor a végrehajtó program átveszi a futásra kész programot, ad neki egy bizonyos időtartamot – időszeletet –, amely alatt futhat, s igénybe veheti a neki kijelölt kapacitásokat. Ha ez az időszakasz lejárt, a végrehajtó program megszakítja ennek a felhasználói programnak a futását, mert a következő időszeletet már más programnak kell juttatnia.

Az időszeletek kiosztásában a végrehajtó program – a vele közölt alapelvek szerint – többféle módon is eljárhat. Alkalmazhatja az egyenletes körben járás („round-robin") módszerét. Ebben az esetben a felhasználói programok meghatározott sorrend szerint kapnak időszeleteket, egyik sem kerülhet hátrányba a másikkal szemben. Az „egyenlő elbánás"-nak ez az elve nem ismer kivételeket. Ennek megvan az az előnye, hogy min-

den felhasználó program „előre tudhatja”, mikor kerül rá a sor, kellő időben megteheti az előkészületeket a futásra, azaz az operatív tárba küldheti anyagának soron következő részét.

A végrehajtó program az időszeletek kiosztásakor figyelembe veheti a felhasználói programok elsőbbségeit. Ebben az esetben többé szó sincs egyenlő elbánásról; a nagyobb prioritású program előbb kap időszeletet, mint a kisebb prioritású program. Van azonban egy olyan alapidőtartam, amelyen belül legalább egy időszeletet kapnia kell minden felhasználói programnak; ez még a legkisebb prioritású programokra is vonatkozik.

Meg kell jegyeznünk, hogy egy-egy időszelet mindig ugyanakkora időtartamú, s hogy a végrehajtó program a felhasználói programnak egyszerre csak egyetlen időszeletet juttathat; ha ez véget ért, a felhasználói programnak mindenképpen ki kell vonulnia a számolóművekből stb., át kell adnia a helyét más felhasználói programnak. Előfordul az is, hogy az időszeletet a felhasználói program valamely ok miatt nem tudja teljesen kihasználni – pl. a szükséges adatok nem kerültek idejében az operatív tárba –, ilyen esetben is át kell adnia a helyét a soron következő felhasználói programnak.

Ha a felhasználói program bármely ok miatt várakozásra kényszerül a neki juttatott időszeleten belül, jelentkezik a végrehajtó programnál, ún. makroutasítást küld neki. Ez a végrehajtó programhoz intézett kérés: elégítse ki valamely igényét. A végrehajtó program nyomban elrendeli a felhasználói program végrehajtásának megszakítását, s felszólítja a „megszakítást kezelő program”-ot, hogy derítse ki, miért kérték a megszakítást (ezt nemcsak adathiány, hanem hiba vagy más ok miatt is kérheti a felhasználói program).

A megszakítást kezelő program jelenti a végrehajtó programnak, hogy miért kérték a megszakítást, s az ennek alapján működésbe lépteti azt a programot, amelyre éppen szükség van (pl. az olvasóprogramot, ha új programrészlet vagy adatok beolvasására van szükség, vagy a hibajavító programot, ha a megszakítást hiba miatt kérték).

Szükséges megemlítenünk, hogy a végrehajtó program a megszakítások esetében bizonyos óvatossággal jár el. Ha megszakítást kérnek tőle, „azonnal” intézkedik, de nem elhamarkodottan. Az „azonnal” itt gyakorlatilag egyenlő lehet bizonyos időtartammal. Egy regiszter jegyzi fel, s tárolja a megszakításra vonatkozó kérelmet. A végrehajtó program esetleg nem a feljegyzés pillanatában „nézi meg” a regiszter tartalmát, hanem csak később: előbb befejezi annak a programrészletnek (szegmensnek,

„task”-nak) a végrehajtását, amely éppen soron van, hiszen a félbeszakítás zűrzavart okozhatna, illetve feleslegesen sok adminisztratív teendővel terhelhetné meg a gépet (státus-megóvás stb.). A megszakítási kérelem intézés szabályozására a végrehajtó programba „opciókat” építhetnek be: ezek előírhatják bizonyos megszakítási kérelmek késedelem nélküli teljesítését, másokét pedig megtilthatják.

Az operációs rendszer egyik különlegesen fontos programja: az I/O program (input-output program, a bemenő-kimenő forgalmat vezérlő program, b/k vezérlés). Ez a bemenő és a kimenő műveleteket (az „input” és az „output” műveleteket) vezérli, azaz ellenőrzi a perifériákat, biztosítja a központi egységnek a perifériákkal való összeköttetését. Ez a program kezd működni, valahányszor be kell olvasni valamit a háttértárakból a dobos tárra vagy onnan az operatív tárba, valahányszor eredményadatokat kell kiküldeni a háttértárakba vagy a nyomtatókra stb. Ez a program gépel üzeneteket a konzolasztal mellett ülő operátornak, hogy készítse elő a mágnesszalagot vagy a kártyahalmazt, mert hamarosan be kell olvastatni róluk az anyagot a lemezes tárakra stb. Bonyolult nyilvántartó regiszterek állanak ennek a programnak a szolgálatában.

De térjünk vissza ahhoz a pillanathoz, amikor az első felhasználói program megkapta a maga első időszeletét, s elkezdett futni. Mit is jelent a felhasználói program futása? Azt, hogy ő, a felhasználói program vezérli az egész géprendszert. Ő mondja meg, mi történjék a tárban, mi történjék a csatornákon, a perifériákon stb. Ilyenkor a felhasználói program átveszi a karmesteri pálcát a végrehajtó programtól. Amikor azonban lejár az időszelet (vagy amikor a felhasználói program még ezen az időszeleten belül megszakítást kér), visszaadja a „karmesteri pálcát” a végrehajtó programnak, s egyszerűen eltűnik a színről. Egy automatizmus persze gondoskodik annak az állapotnak a rögzítéséről, amelyben a program a megszakításkor éppen volt, így a program egy következő, neki juttatott időszeletben ott folytatódik, ahol most abbamaradt, végül is „megmentik” a program „státusát”.

Ebből az is kitűnik, hogy a „time-sharing” gépnek kétféle üzemi állapota lehetséges: az egyikben valamelyik felhasználói program vezérel (felhasználói, „user” üzemmód), a másikban az operációs rendszer, azaz a végrehajtó program vagy valamelyik neki alárendelt program vezérel (vezérlő, „executive” üzemmód). A vezérlő üzemmódban, amikor a vezérprogramé a vezérlés, ún. privilegizált utasítások is hatnak, olyanok, amelyeknek minden más utasítással szemben előnyük van.

A két üzemmód közötti váltásról a számítógép szerkezetébe beépített megszakító berendezések gondoskodnak, a megszakítások bekövetkezésekor pedig ugyancsak a szerkezetbe beépített kimenő (rögzítő és helyreállító) berendezések gondoskodnak a „letűnő" felhasználói program éppen időszerű állagának védelméről.

Hibafelderítés

Az operációs rendszer külön programokat tartalmaz a progamhibák felderítésére. Ezek a hibák kétfélék lehetnek: formai (nyelvtani, szintaktikai) és szemantikus (tartalmi, értelmi) hibák. A szintaktikai hibák abból állhatnak elő, hogy a géppel valami olyasmit közlünk, amit „nem ért meg". Például elhagyunk olyan írásjeleket az utasításokban, amelyeket kötelező lett volna kitenni. Az operációs rendszer ilyen esetben egyszerűen megtagadja az utasítás lefordítását a gép belső nyelvére, erre vonatkozóan üzenetet gépel ki. Az ilyen szintaktikai hibákra vonatkozó ellenőrző utasításokat rendszerint még a program-„belövés"-kor veszik igénybe: vagyis akkor, amikor a programot lefordítják, és kipróbálják, tehát még a program futtatása előtt.

A szemantikai hibák abból állhatnak elő, ha az utasítások és kapcsolataik megengedettek ugyan (szintaktikailag helyesek), de az adott feladat megoldásának logikai rendje tekintetében helytelenek. Az ilyen szemantikai hibák felfedezése általában az emberre tartozik, nem a gépre, és olykor még az emberre is igen nehezen megoldható feladatot ró. Mindamellett bizonyos felhasználási utasításokat, amelyek az ilyen hibák felfedésére szolgálnak, beépíthetünk magába a felhasználási programba. Például figyelmeztethetjük a gépet arra, hogy bizonyos értékeket – ha a számítások során találkozik velük – minősítsen megengedhetetleneknek, és felbukkanásuk esetén álljon meg stb. Ámde a szemantikai hibák ellen a gép egymaga nem tud védekezni, az ellenőrző utasítások számának szaporítása pedig nagyon költségessé és időigényessé teszi magát az információfeldolgozást. Ezért nincs más hátra, mint hogy az ember kezelje kritikusan mind a programot, mind az eredményadatokat.

A modern gépek operációs rendszerébe mindenesetre annyi hibaellenőrző tesztet, tesztprogramot foglalnak bele, amennyi a mechanikusan leleplezhető hibákat, amennyire csak lehet, kiszűrhetővé teszi.

Magába a hardware-be hibafelismerő szerkezeteket, illetőleg olyan be-

rendezéseket építenek be, amelyek nagymértékben elkerülhetővé teszik a hibázást. A központi egységben automatikusan utasításismétlés zajlik le. Ha valamely művelet hibásnak bizonyul, automatikusan újra elvégzik. Ha valamelyik bit illetéktelenül foglal helyet valamelyik pozícióban: működésbe lép a tároló hibakiigazítója; automatikusan megismétlik a bemenő-kimenő műveleteket is; ha az átmeneti tárolóban hiba lép föl, akkor a számítógép erről konzolüzenetet gépel ki, de közben folytatja a munkáját is, az átmeneti tárolót egyszerűen kiiktatja a működésből, megkerüli, és közvetlenül a főtárolóból küldi az utasításokat s az adatokat a processzszorba (a vezérlőegységbe, illetve az aritmetikába).

Ha ennek ellenére is megáll a gép, akkor igénybe vehetők a különleges lemezestáron tartott hibajavító és hibafelismerő rutinok. A „hibaelemző" programok nem bajlódnak a helyszíni „jav-szer" tevékenységgel: statisztikát készítenek a hibákról, megállapítják, hol a hiba, megjelölik a helyét olyan pontossággal, amilyennel csak lehet; amikor a számítógép műszerész kiszáll a helyszínre, hogy karbantartási teendőit ellássa, a „hibaelemző" program jelentései alapján időveszteség nélkül tájékozódik arról, hogy hová kell nyúlnia.

Ha a gép jó, és mégsem jó a program, vagyis minden elővigyázatosság mellett hiba csúszott magába a felhasználói programba: az operációs rendszer, amikor felfedezi a hibát, „abortálja" a leckét, abbahagyja a program végrehajtását; mind a hibás felhasználói programot, mind pe-

dig azokat az adatokat, amelyek a program végrehajtása során addig előállítottak, a lemezestárolóra löki ki, és a fölszabadult kapacitást a sorban álló programnak adja át. Ha pedig magában a hardware-ben, a szerkezetben van hiba, akkor életbe lép a „graceful degradation" („zökkenőmentes leszállás az alacsonyabb teljesítmény fokozatára") törvénye: a hibás részt kikapcsolják, míg a rendszer maga, nélküle is – noha csökkent teljesítőképességgel –, folytatja működését. Nagy hiba esetén persze ez az eljárás nem alkalmazható: a gépet meg kell állítani, a hibás alkatrészt kézzel kell kicserélni. De a laboratóriumokban már dolgoznak az olyan gépek kialakításán, amelyek az alkatrészhibákat automatikusan orvosolni tudják, mégpedig azáltal, hogy igénybe veszik azokat a tartalék, „redundáns" alkatrészeket, amelyeket tartalmaznak. Ilyenkor segít az elektromos vezetékek automatikus átkapcsolása. A redundáns elemeket is tartalmazó számítógép nem olcsó. Bizonyos körülmények között persze, „kerül, amibe kerül", elkerülhetetlen ennek a megoldási módnak az alkalmazása (pl. a jövő – sőt a jelen – űrhajóinak fedélzeti számítógépeiben).

Átmeneti és kiegészítő tárak

Megjelentek az ún. átmeneti tárak (közbenső tárak). Ezek olyan hidat vernek a főtároló és a központi egység adatfeldolgozó részlegei között, amelyen nagyon gyorsan közlekedhetünk. Az átmeneti tároló csak ezredmásodpercekre őrzi az utasításokat, az adatokat, azután kilöki őket a feldolgozó részlegekhez. A központi tár egy vagy több blokknyi – pl. 16 byte, 32 byte stb. – emléknyomot átdob ebbe az átmeneti tárba, majd ha az átmeneti tár kiürül, akkor újabb blokkokat dob át, az átmeneti tár pedig az általa időlegesen őrzött blokkokból elégíti ki a feldolgozó részlegek igényeit. Ennek az az előnye, hogy az átmeneti tár sokkal rövidebb hozzáférési idővel működik, mint a főtár, és így a műveletek végrehajtásának a sebessége növekedhet. Automatikus berendezés ellenőrzi, vajon benne van-e az átmeneti tárban az az utasítás, adat, amely éppen sorra kerül. Ha nincs, a főtár újabb blokknyi adatot dob át az átmeneti tárba. Az átmeneti tár gyors működését az teszi lehetővé, hogy modulokra oszlik, és minden modulhoz külön lehet hozzáférni.

Megjelentek olyan kiegészítő tárak is, amelyek egyrészt tehermentesítik a főtárat attól, hogy bizonyos nagyon gyakran alkalmazott utasítás-

halmazokat, szubrutinokat őrizzen, másrészt tízszer, hússzor rövidebb hozzáférési idővel működnek, mint a főtár. Ezek is a főtár és a feldolgozó részlegek között helyezkednek el. Ami anyagi megvalósulásukat illeti: rendszerint félvezető tárak (lásd alább!). Itt kell megemlítenünk az ún. asszociatív tárakat is. Ezekben valamely utasításnak vagy adatnak az elraktározása, illetve megkeresése nem „cím"-ek szerint, hanem „tartalom" szerint történik. A „tartalom" szó ez esetben idézőjelek közé kívánkozik. Mert mi is történik a valóságban? A tárolás és így a keresés is kb. úgy folyik le, mint egy szótárban: előbb a kezdőbetűt keresik meg, azután e kezdőbetű szavai között a második betűt, majd a második betű szavai között a harmadik betűt, stb. Ez – ahogy mondják – az igazi asszociatív, tartalmi tárolásnak, keresésnek még csak a „szimuláció"-ja.

I/O processzor, multiplexor

A modern számítógépekben megjelentek az ún. virtuális bemenetek és kimenetek is. Ezt úgy kell értenünk, hogy a programban csak virtuálisan történik meg a periféria kijelölése. A programon tehát nem szükséges megjelölni, hogy konkrétan melyik olvasóberendezésről kell utasításokat, adatokat beszólítani, melyik konzolírógépre, gyorsnyomtatóra, kártyalyukasztóra stb. kell az eredményadatokat kiírni, elegendő valamely közelebbről meg nem nevezett virtuális bemenetre vagy kimenetre utalni, a valóságos perifériát csak közvetlenül a futás megindítása előtt kell kijelölni, amikor is igazodni lehet a mindenkori tényleges helyzethez.

Újabban a központi egységnek azt a részét, amely a főtárolón (és a főtárat esetleg kiegészítő átmeneti stb. tárakon) kívül esik, szokás „processzor" néven emlegetni. Amíg korábban a „processzor" név az egész központi egységre vonatkozott, addig az újabb szóhasználat ennél sokkal kevesebbet, lényegében a vezérlőberendezést és az aritmetikát, továbbá ezek tartozékait (regisztereit stb.) rendeli e fogalom alá. Így a központi egységen belül újabban megkülönböztetik egymástól a memóriát és a processzort.

De ugyanakkor beszélnek I/O processzorról is. Ez olykor megtévesztő. Mi is a valóság? Az I/O „processzornak" nevezik néha az operációs rendszer egy vagy több programját (input-output vezérlőrendszert, a bemenő-kimenő forgalom ellenőrét), amelynek az a dolga, hogy vezérelje az össze-

kötetést a központi egység és a perifériális egységek (a külső tárak, a kimeneti lyukasztók, nyomtatók stb.) között. Máskor viszont az I/O processzor ténylegesen a központi egység és a perifériák közötti csatorna tényleges, külön processzora. Ez az I/O csatorna (b/k csatorna) processzor ma már külön is programozható, külön utasításkészlettel rendelkezik. Tehermentesíti a központi egység főprocesszorát az összes olyan műveletektől, amelyek utasítások, adatok beszólításával vagy eredményadatok kilökésével állnak kapcsolatban. Az I/O processzor önállósítása azt is lehetővé teszi, hogy a különböző perifériális egységekben művelet fussanak le, sőt ezek egymással összekapcsolódva műveleteket hajthassanak végre anélkül, hogy ebbe a főprocesszornak be kellene avatkoznia. A főprocesszor ezalatt végezheti a maga dolgát, azaz minden figyelmét a programok futtatásának szentelheti, nem kell törődnie azzal, mi történik ott kint a végeken, a perifériákon.

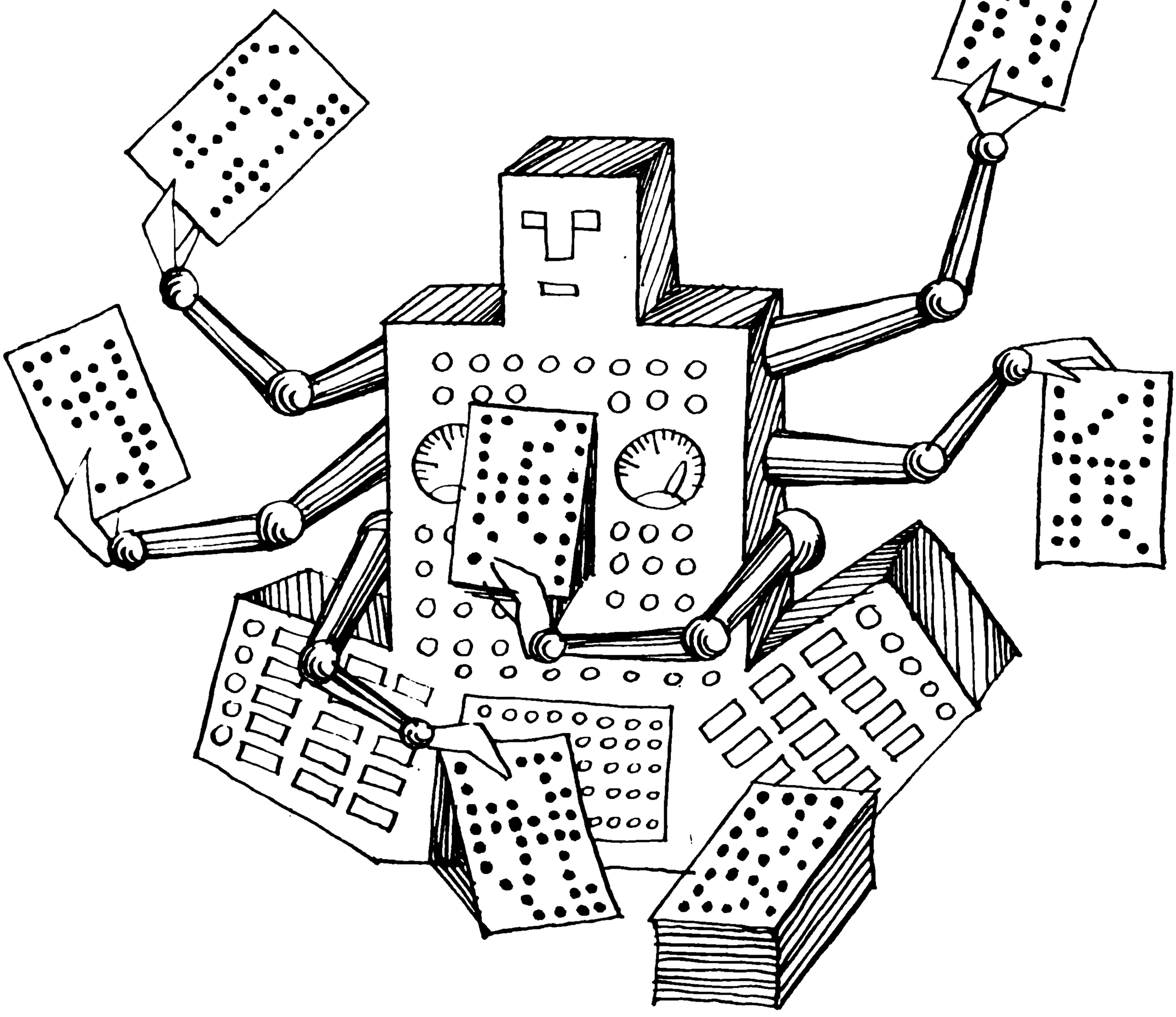
Mit csinál az I/O processzor? Hogyan biztosítja a kapcsolatot a központi egység és a perifériák között? Nemcsak „általános" rendelkezéseket bocsát ki, hanem „aprómunkát" is végez. A távírógéptől érkező karaktereket pl. gépi szavakká foglalja össze, és így továbbítja a főtárolóba. Amikor pedig a fordított irányú közlekedést kell biztosítania, akkor a teljes szót hívja ki a tárból, és karakterenként továbbítja a távgépíróhoz. Az adatátvitelnél az adatokat változatlanul vagy átalakítva (konvertálva) továbbítja (megtörténhet pl., hogy a 10-es számrendszerben felírt számokat az I/O processzor továbbítás közben 2-es számrendszerbeli számokká alakítja át).

A multiplexor: olyan csatorna, amely egyszerre több input-, illetve outputegységgel, perifériával tartja fenn a központi egység közlekedését. Beszélnek byte-multiplexorról, amely byte-enként és blokk-multiplexorról, amely blokkonként továbbítja az információkat. A multiplexornak egyidejűleg mindig csak egy alcsatornája működik, mégpedig az, amelyet valamely utasítás vagy adat leadására vagy felvételére kész periféria éppen kigényel. Amikor a perifériák összeköttetésbe kerülnek a központi egységgel, amikor a multiplexor alcsatornái kapcsolatot teremtenek közöttük és a központi egység között, akkor a perifériák és a központi egység, továbbá az egyes perifériák között az összehangolást a központi egység teremti meg, vagy a saját „főprocesszora", vagy pedig I/O processzor révén.

Ami a főprocesszort illeti: az ő legfontosabb teendője manapság is a programok végrehajtása, ezt azonban ma már jóval „kifinomultabb modor"-ban végzi, mint valamikor. Korábban csak az utasítások lineáris végrehajtását ismerte, amiről már szólottunk: egyik utasítást a másik után hajtotta végre, mindig ugyanazt a menetrendet tartva be. Egy-egy ciklus során dekódolta egy-egy cím tartalmát, megállapította: milyen műveleteket, milyen argumentumokon (operandusokon) kell végrehajtania, és vezérlő impulzusokat küldött ki, amelyek elrendelték (megnyitották a megvalósuláshoz szükséges áramköröket), hogy az argumentumok menjenek át az aritmetikába, ott fussanak le a szükséges műveletek, majd az eredmények térjenek vissza a tárolóba. Ezután az új utasítással kapcsolatban új ciklus végrehajtását kezdte el. Az ilyen lineáris megoldás esetén egyszerű utasításáramlásról és egyszerű adatáramlásról beszélhetünk. Most megjelent a többszörös utasításáramlás és a többszörös adatáramlás, sőt a többszörös utasításáramlás mellett megvalósuló többszörös adatáramlás.

Ahhoz, hogy többszörös utasításáramlás többszörös adatáramlással együtt valósulhasson meg, lényegében több processzorra, a tár modulokra való osztására van szükség, és arra, hogy minden processzor külön adatvonallal kapcsolódjék a tár egy-egy moduljához. Ilyenkor azonban a számítógépbe külön koordinátort kell beépíteni, amely rendet teremt az utasítások és az adatok áramlása között. Ez a koordinátor nagyon bonyolult berendezés, s igen drága.

Az egyes utasítások most már nemcsak egymást követően, lineárisan futhatnak és valósulhatnak meg, hanem egyszerre, egymást átfedve is. Egyszerre több utasítást visznek be a tárolóból a processzorba. Minden utasítást egy-egy különálló regiszter tárol. Ha az egyik utasítást már végrehajtották, a másik ott várakozik a maga regiszterében, a tárból való átszólítása nem igényel külön időt. Magát az utasítás-végrehajtást fázisokra bontják, és minden fázishoz speciális műveleti egységet rendelnek. Így az első műveleti egység végrehajthatja az utasítás első részét (az utasítás betöltése), a második az utasítás második fázisát (az utasítás dekódolása), a harmadik az utasítás harmadik fázisát (az első argumentum címének dekódolása) stb. stb. Az első műveleti egység tovább küldi eredményét a másodikhoz, információt kap a másodiktól arra, hogy az eleget tett a saját feladatának, végrehajtotta a második fázist; ekkor az első



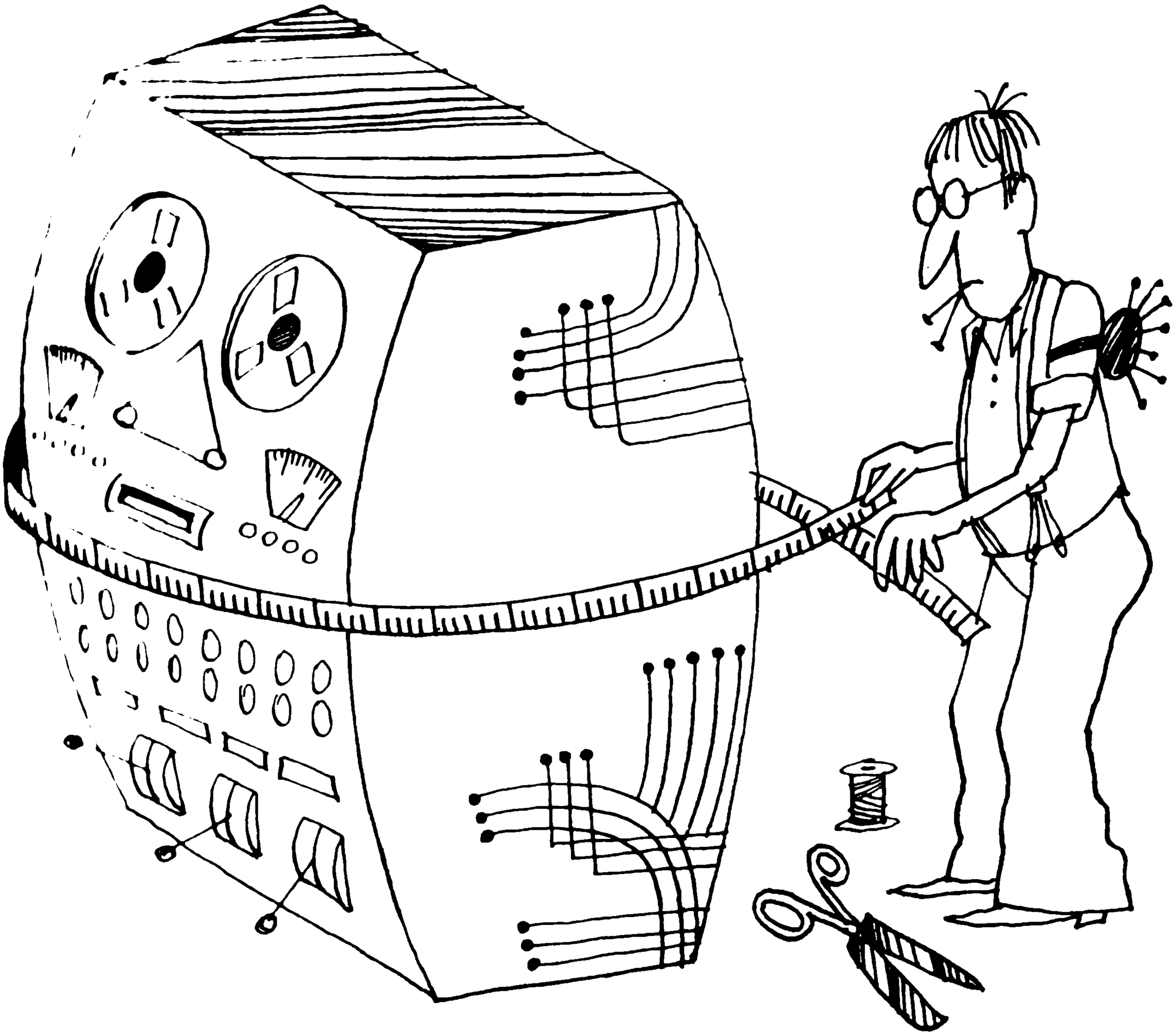
műveleti egység szabaddá válik, alkalmassá arra, hogy megkezdje egy újabb utasítás első fázisának a végrehajtását. Ugyanígy szabadul föl sorra a második, a harmadik stb. speciális műveleti egység is, és kapcsolódik be nyomban az újabb feladatok végrehajtásába. Itt tehát már folyik az újabb utasítás végrehajtása, miközben még nem fejeződött be a régié. Ezt a technikát overlap, átfedő (átlapoló) eljárásnak nevezik. A cél az, hogy a lehető legtöbb műveleti egység működjék egyszerre, mert ekkor legkisebb a holtidő. A holtidő abból áll elő, hogy az utolsó műveleti egységnek várakoznia kell arra, amíg az előtte álló végrehajtja a fázist, emennek pedig arra, amíg az előtte álló végrehajtja a fázist stb. A holtidő összege akkor a legkisebb, ha valamennyi egységnek azonos időtartamra van szüksége a maga dolgának ellátásához, ha az utasítást sikerül

olyan fázisokra bontani, amelyek végrehajtása azonos időtartamot igényel. Ezt az optimumot elérni nem, legfeljebb megközelíteni lehet. Az utasítások túlságosan nagy mértékű felaprózása nem javítja számottevően az eredményt.

A pipelining technika alkalmazásával kibővítik az átfedő eljárás technikáját: ez esetben több utasítás átfedő végrehajtása futhat egyidejűleg. Ami történik, valóban hasonlít arra, amit az elnevezés kifejez: az utasítás – illetve azoknak az adatoknak a sora, amelyeken az utasítást végrehajtják – úgy folyik végig a processzoron, amint a folyadék a csövön vagy az elektromos áram a kábelen, jóformán nincs hézag az adatáramlásban. A pipelining technika már rendkívül bonyolult automatikus koordinációt és ellenőrzést követel meg. Kínos gonddal kell ügyelni arra, hogy ha az egyik művelet eredménye a másik műveletnek bemenő adata, akkor ez a másik művelet ne kezdődjék meg addig, amíg az első be nem fejeződött. Állandó éberséget követelnek az ugrási utasítások, a megszakítások is. Mindehhez az emberi figyelem már nem kielégítő: az embernek többé fogalma sincs arról, hogy mikor mi zajlik le a processzorban. Szerencsére, nincs is szükség rá, hogy bármit is átlásson belőle, rábízhatja a dolgot az automatára.

Firmware

A programozással kapcsolatos új jelenség a „firmware" megjelenése, ez mintegy a software és a hardware, azaz a „lágy" (a program) és a „kemény" anyag (a szerkezet) egyesítése. A firmware programozási technika abban áll, hogy az egyes utasításokat részekre bontják, és ezeket a részleteket „huzalozzák", azaz beépítik a szerkezetbe, a hardware-be, a programozó pedig ezeket a részletutasításokat szabadon kombinálhatja. Úgy tűnik, mintha ez csak növelné a programozó kényelmetlenségét, terhét: eddig elég volt egy utasítást megadnia, ennek az „aprópénzváltás"-át rábízhatta a gépre: most azonban „aprópénzek"-ből kell az összeget összeraknia. Az igazság éppen az ellenkezője: a programozó ugyanis szabadon alakíthat ki az utasításrészletekből olyan utasításokat, amelyek egyébként a gép utasításkészletében nem szerepelnek. Ez különösen olyan feladatok esetében bizonyulhat előnyösnek, amelyek jellegükben eltérnek a szokásosaktól.



A virtuális memória

A számítógép „szervezete” viharosan gyors fejlődésen megy át. Nemcsak a programok, a „*software*”, hanem a szerkezet, a „*hardware*” is gyorsan és gyökeresen módosul, továbbá *a kettejük közötti kapcsolat* is sok mindenben változik.

Megjelent a *virtuális memória*, amely elsőként az IBM gépek új családjában (IBM/370) vált általánossá. Mi tette szükségessé az új vívmányt? Az, hogy a számítógépek belső gyors memóriái, főtárai elégteleneknek bizonyultak azoknak a mammutprogramoknak a befogadására, amelyeket manapság megszerkesztenek. Egy 256 K byte-os tároló pl. (ez általánosnak tekinthető a nagy gépek világában) csak megszakításokkal, részletekben tud magába nyelni egy olyan programot, amelyben több millió utasítás foglal helyet, nem is beszélve azokról az adatokról, amelyeken a

program utasításait végre kellene hajtani. Elvileg mód van arra, hogy a központi tárat bővítsék: ez esetben 64 K byte-os modulokkal történhet. Ez azonban nagyon költséges dolog (egy 64 K byte-os modul többe kerül, mint egy lemezes tár, amelynek segítségével 29–29 millió byte információt kezelhetünk), és a belső tároló bővítése – bár elvileg lehetséges – bizonyos határon túl gyakorlatilag akadályokba ütközik.

A főtárolóban – miközben szűknek bizonyult a mammutprogramok befogadására – állandóan jelen voltak kihasználatlan területek is. Egy-egy programrészlet nem foglalta el azt a régiót teljesen, amelyet a program kijelölt számára, sőt egy-egy program sem lepte be teljesen azt a „partíció"-t, amelyet kiszabtak számára. Előfordult, hogy egy programot végrehajtottak, a vezérprogram kilökte a főtárból, „a mór megtette a kötelességét, a mór mehet", vissza a külső lemezestárba, a partíciója pedig üresen maradt a főtárban, és e „hűlt helyé"-nek addig kellett betöltetlenül maradnia, amíg új, a partíció betöltésére alkalmas nagyságú program behívására nem került sor. Egyszóval: a főtárban, miközben állandó volt a helyszűke, egyidejűleg szeszélyes eloszásban kiaknázatlan kapacitások is megjelentek.

Becslések szerint ilyen körülmények között a számítógép központi egysége főtárolójának a kapacitását még „teljes memóriatelítettség" esetén is csak legfeljebb 40–50%-ban lehetett kihasználni.

A virtuális tárolás lényege abban foglalható össze, hogy a *központi tárolót mintegy „meghosszabbítja"*. A virtuális tárolásnál a programot – és az adatokat, amelyeken végre kell hajtani a programot – olyan darabokra tördelik szét, amelyek egy-egy „lap"-ra írhatók rá. Egy-egy lap 2 K byte vagy 4 K byte információt fogadhat be, kapacitása az alkalmazott operációs rendszertől függ. Egy-egy ilyen lap neve: „page", az angol nyelvű műszaki keresztségben; 32 lap (4 K-s lapok esetén 16) alkot egy ún. szegmenst. A virtuális tárolásnál e lapok *egy része a központi tárban* – ezt most „valós" tárolónak vagy mivel a legtöbbször ferritgyűrűkből áll (lásd később) „ferrit"-tárolónak nevezik – helyezkedik el, más hányada pedig a *külső lemezestárakon.*

A valós tároló két részre oszlik. Az egyik részben magának az operációs rendszernek azok a részletei (rutinjai, szubrutinjai) helyezkednek el, amelyeknek állandóan bent kell tartózkodniuk a központi tárban („rezidens" rész), ezek között pl. azok a rutinok, szubrutinok, amelyekre a lapoknak a központi tárba való beszólításához, illetve a lemezestárba való visszaküldéséhez szükség van. A valós tároló másik része a felhasználói program

lapjainak szánt terület, itt a felhasználói programnak azok a lapjai helyezkednek el, amelyeket beszólítanak a lemezestárból, mindaddig vannak itt, amíg vissza nem küldik őket a lemezestárba, s itt helyezkednek el azok az adatok is, amelyeken végre kell hajtani a felhasználói programot. A valós tár így egy, a végrehajtó operációs rendszer részletei számára fenntartott részből és egy, a tényleges felhasználói program és az adatok lapjainak a tartózkodási helyéül kijelölt részből áll. (A szakirodalom olykor az operációs rendszer részletei számára fenntartott részt „rögzített terület"-nek, a felhasználói program és az adatok számára fenntartott részt pedig „lapozható" résznek nevezi, ami megtévesztő, hiszen mind a két terület „lapozható".) Ezt egészíti ki a lemezeken, a külső tárban, a virtuális tároló. Ezt *a virtuális tárolót* éppen úgy *két részre osztjuk*, mint a valós tárolót. A virtuális tároló egyik része, a rögzített rész, a valós tárban fenntartott terület meghosszabbítása: itt azok a lapok kapnak helyet, amelyek az operációs rendszerhez tartoznak ugyan, de nem férnek el a főtárban. A virtuális tároló másik részében magának a felhasználói programnak és az adatoknak a lapjai ülnek.

A programozónak bizonyos szabadsága van abban, hogy mit helyez el a fő- (a valós), és mit a lemezes (a virtuális) tárban. Megteheti, hogy az egész felhasználói programot elhelyezi a valós tárban, amennyiben a tár kapacitása azt megengedi, és ebben az esetben egyáltalában nem kell „lapozni". Másrészt – amint a fentiekből kitűnik – magának az operációs rendszernek a jelentős részét is lapozhatóvá teheti, hogy ilyen módon más rutinoknak, táblázatoknak szorítson helyet a valós tárolóban, amennyiben ezt a megoldást látja célszerűbbnek.

Mi történik akkor, ha a valós tároló lapozható része megtelik? Hová kerül ilyenkor a virtuális tárolóból beszólított új lap? Ő már csak valamely ott-tartózkodó lap rovására rabolhat helyet magának. De melyik legyen az a lap, amelyre rátöltik? Ennek a kiválasztása többféle módszerrel mehet végbe. Az egyik eljárás során egyszerűen kilökik a valós tárolóból azt a lapot, amelyik a legrégebben tartózkodik benne (FIFO, „*F*irst *I*n-*F*irst *O*ut", „első be, első ki!"). Rábízhatják a dolgot a „véletlen"-re – ez a leggyorsabb módszer. Végül: a legcélravezetőbbnek az az eljárás bizonyult, amely azokat a lapokat ítéli a főtárból való távozásra, amelyekre a legrégebben történt hivatkozás. A „legrégebben" kifejezés itt bizonyos megállapított időintervallumon belüli tartam. Ha ezen az intervallumon belül a főtárolóban elhelyezett minden lapra történt hivatkozás, azaz nincs olyan lap, amelyre ne történt volna hivatkozás, akkor

azoknak a lapoknak a helyét áldozzák fel az új lapok számára, amelyek az időszakban változatlanok maradtak.

Megvizsgálták, miként változik a valós tár felosztása abban az esetben, ha virtuális tár egészíti ki, a mintavételező program minden másodpercben megállapította a felosztást, és jelentést vetített ki róla egy képernyőre. A mintavételező program az egymáshoz tartozó – egy partícióhoz tartozó – lapokat egymás mellett jelenítette meg akkor is, ha a valóságban nem voltak szomszédosak egymással. Így kitűnt, hogy a valós tárolóban a nagy prioritással rendelkező programok lapjai fokozatosan kiszorítják a kisebb prioritással rendelkező programok lapjait, mintha csak a programok sajátságos „területszerző", „mindenki mindenki ellen" háborúja tombolna; a valóságban azonban ezt a háborút nagyon is pontosan szabályozzák a prioritási feltételek.

A virtuális tároló megnöveli a számítógép teljesítményét, noha maga a „lapozás" időt igényel. Az előnyök nemcsak magában a számítógépben, hanem az egész ember–számítógép rendszerben jelentkeznek. A programozóknak eddig azon kellett törniük a fejüket, miképpen tudnak olyan programot megszerkeszteni, amely összefér a memória korlátozott kapacitásával. A virtuális memória a maga 16 millió byte-os, gyakorlatilag kihasználhatatlan kapacitásával egyszerűen semmissé teszi ezt a problémát. A programozók ezentúl bátran alkalmazhatnak nagyon fejlett felhasználói programozó nyelveket, nem kell aggódniuk ezeknek a – fordítás során előálló – helyigénye miatt. A számítógépben korábban gyakorlatilag megtelhetett a valós memória, ha olyan nagy helyigényű programok futottak, amelyek táv-adatfeldolgozással vagy vizuális megjelenítéssel állottak kapcsolatban. Most elegendő mind a táv-adatfeldolgozó, mind a displayt működtető programoknak a „mag"-jait elhelyezni a valós tárolóban, a többit kint hagyhatják a virtuális tárolóban. Így e „mag"-ok mellett bőven akad szabad hely a főtárban. Talán a legfontosabb előny: gyakorlatilag nem kell „aludnia" egyetlen programnak sem, nem kell a sorára várnia futás közben. Így, noha az egyes programok futási ideje néhány százalékkal megnövekszik, az egész ember–gép rendszer teljesítménye feltétlenül nő. Ez a valós tároló növelésével nem lenne elérhető. A számítások szerint a valós tároló növelése – amellett, hogy rendkívül drága – bizonyos határon túl alig hoz magával teljesítménynövekedést. Mindamellett – tekintettel arra, hogy a virtuális tároló használata „technikai költség"-ekkel jár (átlapozási időigénnyel) – minden esetben célszerű megvizsgálni, előnyös-e igénybevétele vagy sem?

3 | A GÉP SZERKEZETE

Elektroncső

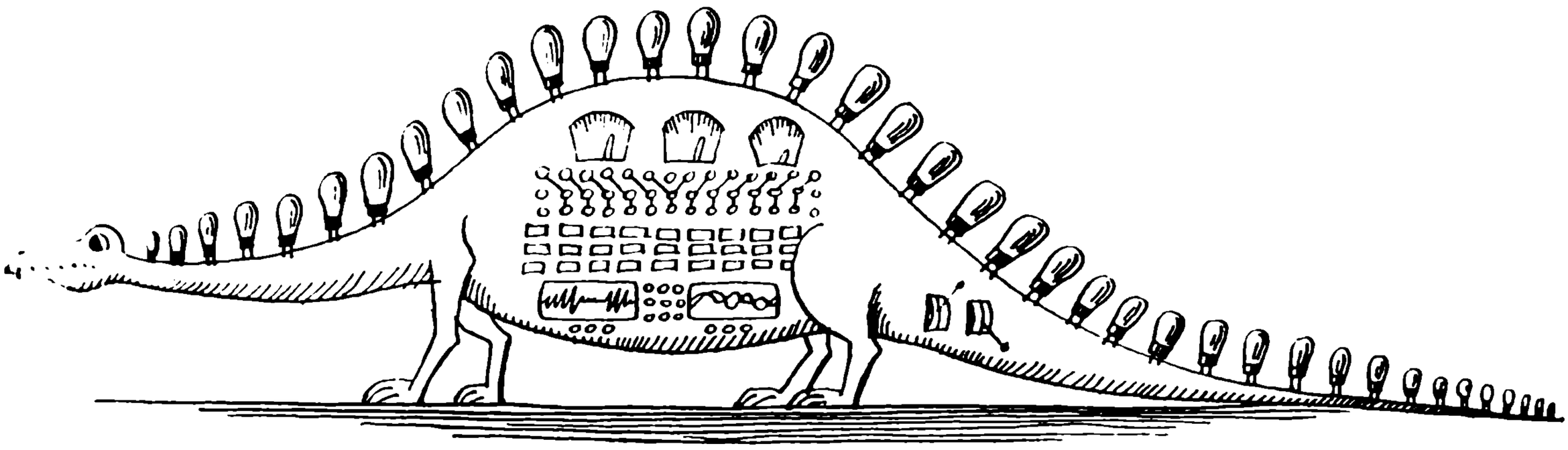
A továbbiakban az elektronikus digitális számítógép *billenőelemeit* veszszük szemügyre. Ezek az automata legkisebb „érdemi munkát végző" alkatrészei. Az információfeldolgozás érdemi műveletei azáltal zajlanak le, hogy a billenőelemek két egymástól jól megkülönböztethető állapot közül megmaradnak az egyikben, vagy átmennek a másikba. A számítógép mindent ezek felhasználásával végez el: így jegyzi fel a program utasításait és az adatokat, ezeket kihasználva ad össze, von ki, szoroz, oszt stb., ilyen módon hajtja végre a matematikai logika műveleteit. A billenőelem: a számítógép sejtje, és mint ahogy az élő szervezetek között is lényeges különbségeket tudunk tenni annak alapján, milyen módon épülnek föl sejtjeik, a számítógépek között is határvonalat húzhatunk billenőelemeik szerkezete alapján. Ezenkívül nemcsak a számítógépben – pontosabban nemcsak a számítógép központi egységében – játszanak főszerepet a billenőelemek, hanem megjelennek a számítógép perifériáiban is, és ezért a perifériákkal sem köthetünk közeli barátságot a billenőelemek ismerete nélkül.

A mai számítógép ősében, az első generációs számítógépben, két *elektroncső* felhasználásával ábrázoltak egy – mondjuk úgy – „univerzális számjegy"-et. Ez az „univerzális számjegy" pl. 0-t képviselhet abban az esetben, ha a második elektroncső van „vezet" és az első elektroncső „nemvezet" állapotban, és 1-et akkor, ha az első elektroncső található „vezet" és a második „nemvezet" állapotban. Amennyiben a 0 állapotban levő „univerzális számjegy" áramkörébe elektromos impulzust bocsátunk, akkor a második elektroncső „nemvezet", az első pedig „vezet" állapotba kerül; az „univerzális számjegy" átkerül a 0 állapotból az 1-et reprezentáló állapotba. Egy újabb impulzus ismét a 0 állapotba löki vissza az „univerzális számjegy"-et stb. Ilyen módon váltakozva hol 0-t, hol 1-et jegyezhetünk fel erre a számjegyhelyre. Amennyiben több ilyen „univerzális számjegy"-et helyezünk el egymás mellé, akkor több számjegyű számokat is ábrázolhatunk. Legyen a sor jobb oldalán álló „uni-

verzális számjegy" a 0 állapotban. Impulzus esetén az 1-et reprezentáló állapotba kerül. Újabb impulzus esetén 0 állapotba kerül vissza, ámde ugyanakkor jelzést ad a szomszédságában balra elhelyezkedő „univerzális számjegy"-nek, amely ennek a jelzésnek – impulzusnak – a hatására az 1-es helyzetbe kerül. Ilyen módon e két „univerzális számjegy" „10"-et képvisel, ez a kettes számrendszerbeli „10" a tízes számrendszerben pedig a „2"-nek felel meg. Hasonló módon ábrázolhatjuk jobbról balra haladva „univerzális számjegy"-eink segítségével valamely tetszőleges kettes számrendszerbeli szám 3-ik, 4-ik, 5-ik stb. számjegyét is. Ez esetben a jobb oldali első „számjegy" mindig az 1-eseket, a második a 2-eseket, a harmadik a 4-eseket, a negyedik a 8-asokat, az ötödik a 16-osokat stb. fogja számlálni – így következnek egymás után a 2 hatványainak értékei, ha a tízes számrendszer számjegyeivel fejezzük ki a kettes számrendszerbeli számokat.

Ilyen módon jegyezhetünk fel számokat az elektroncsövek segítségével, ilyen módon tárolhatjuk azokat. Az elektroncsövek „átbillenései" segítségével végzi gép a számítási műveleteket is. Ha pl. az aritmetikai egység arra kap utasítást, hogy adjon össze két számot, akkor előbb az első összeadandót jegyezzük fel az aritmetikai egység regiszterébe, aminek eredményeképpen „univerzális számjegy"-ek alakjában előttünk áll a regiszterben ez az összeadandó. Az egyszerűség kedvéért képzeljük el, hogy ez alatt egy másik regiszterben megjelenik, ugyanilyen „univerzális számjegy"-ek képében a második összeadandó is. A gyakorlatban ez másként megy végbe – azonban elvileg így történik, és nekünk kényelmesebb a helyzetet ilyennek elképzelni, minthogy a „kézi erővel" történő számolás során így szoktunk eljárni. A két összeadandót ábrázoló regiszter mellett képzeljünk el egy harmadik regiszterben levő „univerzális-számjegy"-sorozatot, a regiszter e pillanatban még „üres"; ennek az a rendeltetése, hogy befogadja az összeadás eredményét, az összeget. Az összeadási utasítás hatására az összeadandókat reprezentáló elektroncsövek olyan módon billennek át egyik állapotból a másikba, hogy a harmadik regiszterben éppen az összeg jön létre.

Az elektroncső igen terjedelmes jószág. Az első generációs, az elektroncsöves számítógépek óriási teret igényeltek, nagy termekben helyezkedtek el, ámde nagy méreteik viszonylag csekély teljesítménnyel párosultak, ha a modern idők modern gépeivel hasonlítjuk össze őket. Ma már úgy tekintünk vissza rájuk, mint a számítógép-korszak kezdetének dinoszauruszaira, brontoszauruszaira, ugyanúgy kihaltak, mint ahogy annak ide-



jén ezek az őshüllők, csak éppen nem kellett hozzá néhány millió év, elegendő volt néhány esztendő is: a technikai fejlődés gyorsan pergeti a filmet.

A tranzisztorhatás

Az elektronikus számítógép második generációjában az elektroncsövet a jóval kisebb tranzisztor váltja fel. A tranzisztorral is létrehozható két egymástól jól megkülönböztethető állapot csakúgy, mint az elektroncsővel; az egyik a „vezet" állapot, a másik pedig a „nemvezet" állapot. Működési elve világosan állhat előttünk, ha elképzelünk három egymással szomszédos övezetet. Az első övezet az emitter, a kibocsátó, a második a bázis, a harmadik a gyűjtő vagy kollektor. Az emitter sok elektront tartalmaz, és képes ezek kibocsátására. A bázis pozitív elektromos töltéseket tartalmaz, ezek az elektromos töltések alkalmasak arra, hogy csapdák módjára magukhoz ragadják az elektronokat, amennyiben azok az emitterből átjutnak hozzájuk. A harmadik övezet, a kollektor ismét csak bővelkedik elektronokban. Tegyük fel, hogy ez a tranzisztor egy ideig „magára hagyva" működik. Ebben az esetben az emitterből elektronok hatolnak be a bázisba, és ott mintegy belehullanak a pozitív elektromos töltések „gödreibe", eltűnnek bennük, megsemmisítik a gödrök pozitív töltését, vagyis lezajlik a rekombinálódás. Ezzel azonban véget is ér a folyamat. Minthogy a bázis mintegy magába szívta, „megemésztette" az emitterből érkező elektronokat, ezek nem jutnak tovább, nem hatolnak be a harmadik övezetbe, a kollektorba. Ebben az esetben tehát a kollektor felé nem halad áram a bázison át. A bázis akadályként tornyosul az áram útjában. Ez a tranzisztor „nemvezet" állapota. Ám a bázis akadályjellege megszüntethető, és így a tranzisztor a „vezet" állapotba hozható.

Kapcsoljunk a második övezetre, a bázisra pozitív feszültséget, az emit-

terre pedig negatív feszültséget, kössük össze áramkörrel a bázist és az emittert. Az emitterből a bázis felé áramló elektronok ebben az esetben nem tudnak tartósan megmaradni a gödrökben, a csapdákban, amelyeket a pozitív elektromos töltések állítanak számukra, mert a vezeték pozitív feszültsége mintegy leszívja azokat onnan. Ilyen módon a bázis pozitív töltései, azaz elektroncsapdái, minduntalan megtelnek, és szakadatlanul megürülnek, s ismételten alkalmassá válnak új meg új elektronok befogadására. Az elektronok szakadatlanul áramlanak az emitterből a bázis felé, és a bázisból az emitter felé, hiszen e két övezetet most vezető áramkör kapcsolja össze. Az az üzemeltető csatorna azonban, amelyet a bázis elektronjai számára ezzel az áramkörrel nyitottunk, nagyon szűk, nem tud az egész elektronfalka áthaladni rajta. A bázisban mintegy felgyülemlenek az utat nem találó elektronok, amelyek – a vezeték „szűk keresztmetszete" miatt mintegy – máshol keresnek utat maguknak. Ezt a másik utat meg is találják, behatolnak a harmadik övezetbe, a kollektorba, amennyiben azt egy áramforrás pozitív végéhez kötjük. Most tehát a tranzisztoron – az emitterből kiindulva, a bázison át a kollektor felé tartva – áram folyik keresztül, a tranzisztor a „vezet" állapotban van.

Ebből kitűnik, hogy a tranzisztor az áram útjában szabályozható akadály. A bázisra bocsátott elektromos jel (pozitív feszültség) révén a „vezet", e nélkül a „nemvezet" állapot felvételére utasíthatjuk. Mindezek alapján világos, hogy ugyanolyan szolgálatot tehet a számítógépben, mint az elektroncső. Az imént itt leírt tranzisztorhatást 1948-ban fedezték fel (*Walter Brattain*, *John Bardeen*, *William Shockley*, a Bell Telephon Laboratories munkatársai), s a technika hihetetlen gyorsasággal használta fel, nemcsak a számítógépekben, hanem az elektronikus berendezések rendkívül széles körében is. A tranzisztor sokkal kisebb helyet igényel, mint az elektroncső, nem szólva más technikai előnyeiről. A tranzisztorokat alkalmazó második generációs számítógépek ezért sokszorta kisebbek, mint az első generációsak, ráadásul nagyságrendekkel nagyobb teljesítményekre képesek, mint elődjeik.

A tranzisztor kialakítása

Miután így a tranzisztor működésének vázával megismerkedtünk, talán érdemes a részletekre is figyelmet fordítani, hiszen korunk egyik legsokoldalúbb és legelterjedtebb vívmányáról van szó. A félvezetőben (a ger-

manium-, a szilíciumkristályban), amelyből a tranzisztor készül, nem engedhető meg egy tizedmilliárdod résznyi szennyeződésnél több, vagyis anyagának olyan tisztának kell lennie, hogy csak minden tízmilliárd azonos atom között fordulhasson elő egy-egy más anyaghoz tartozó szennyező atom. Az ennél nagyobb arányú szennyezés már károsan befolyásolná az elektromos vezetéssel kapcsolatos tulajdonságokat. A teljesen egynemű, tiszta kristályba (egykristályba) a tranzisztorgyártás során szándékosan visznek be olyan „szennyező"-ket, amelyek a kristály elektromos tulajdonságait befolyásolják.

Ha például germánium-egykristályról van szó, akkor 5 vegyértékű szennyező atomokat (adalékot) visznek be a germániumatomok közé, amelyek maguk 4 vegyértékűek. Az 5 vegyértékű atomoknak 5 vegyértékelektronja képes vegyi kötés létesítésére, de a környezetükben levő germániumatomok csak 4-et kötnek le közülük. Így az 5 vegyértékű szennyező atom ötödik vegyértékelektronja „szabad"-dá válik. Az 5 vegyértékű atomok tehát megnövelik a szabad elektronok számát az anyagban, növelik az elektromos vezetőképességet, ún. n-zónát hoznak létre. Amint fentebb láttuk, az szükséges, hogy a tranzisztor emitter és kollektor zónái ilyen n-zónák legyenek.

Ezzel szemben, ha a germánium-kristályrácsba 3 vegyértékű adalékatomokat viszünk be, akkor éppen ellenkező tulajdonságú zónát alakítunk ki. A 3 vegyértékű atomnak mind a 3 vegyérték elektronját azonnal lefoglalják a szomszédságában levő 4 vegyértékű germániumatomok vegyértékelektronjai, sőt lesz a szomszédságában olyan germániumatom is, amelynek a 4-ik vegyértékelektronja hiába követeli tőle a maga elektronpárját, nem kapja meg. Így ezzel a „pártában maradt" elektronnal szemben „elektronhiány" áll: ami pozitív elektromos töltéssel egyenértékű. A germániumatomok ekkor a szomszédos atomok rovására igyekeznek „beszerezni" a párjukat, a „pártában maradt" vegyértékelektronjuk számára: ami egyenértékű azzal, amit „lyuk"-ként is felfoghatunk, a „lyuk", a pozitív töltés, vándorolni kezd a kristályrácsban. Az így kialakult zóna ezért p-típusú zóna. Amint fentebb láttuk, a tranzisztor bázis zónája éppen ilyen p-típusú zóna. Amíg az n-típusú zóna (n-típusú félvezető) elektronban gazdag, elektronokat tud leadni (donor, elektronadományozó), addig a p-típusú félvezető elektronhiányban „szenved", elektront tud befogadni (elektronakceptor, elektronelfogadó).

Ha p- és n-típusú zónák szomszédosak egymással, akkor a zónák határain p-n átmenetek alakulnak ki. Ezekben az átmenetekben olyan re-

kombinálódási folyamatok játszódnak le, amelyek eredményeképpen végül is alig marad töltéshordozó, alig marad pozitív „lyuk" és negatív elektron. Ennek a végső oka abban van, hogy a p-zóna vonzása az n-töltéshordozókat, az n-zóna vonzása pedig a p-töltéshordozókat rántja magához az átmenetből. Az átmenet így olyan „senki földjé"-vé válik, amelyen át az elektromosság nem, vagy csak nagyon nehezen tud átfolyni, hiszen nincsenek szabadon álló töltéshordozók, amelyek közvetíthetnék. Az átmenet: nagy elektromos ellenállású határvidék.

Mind a germánium-, mind a szilíciumkristályon (vagy más félvezetőn) lényegében kétféle alapvető eljárással történik a p-, illetve az n-típusú zónák kialakítása: ötvözéssel és diffúzióval. Magának a kristálynak eleve van kialakított típusa: vagy p-típusú, vagy n-típusú. Az ötvözés és a diffúzió erre az alapvető típusú anyagra épít rá járulékos típusú anyagokat. Az ötvözés során a járulékos anyagot megolvasztják a felületen, majd lehűtik, a diffúzió során a járulékos anyagot „bepárologtatják" az alapanyagba.

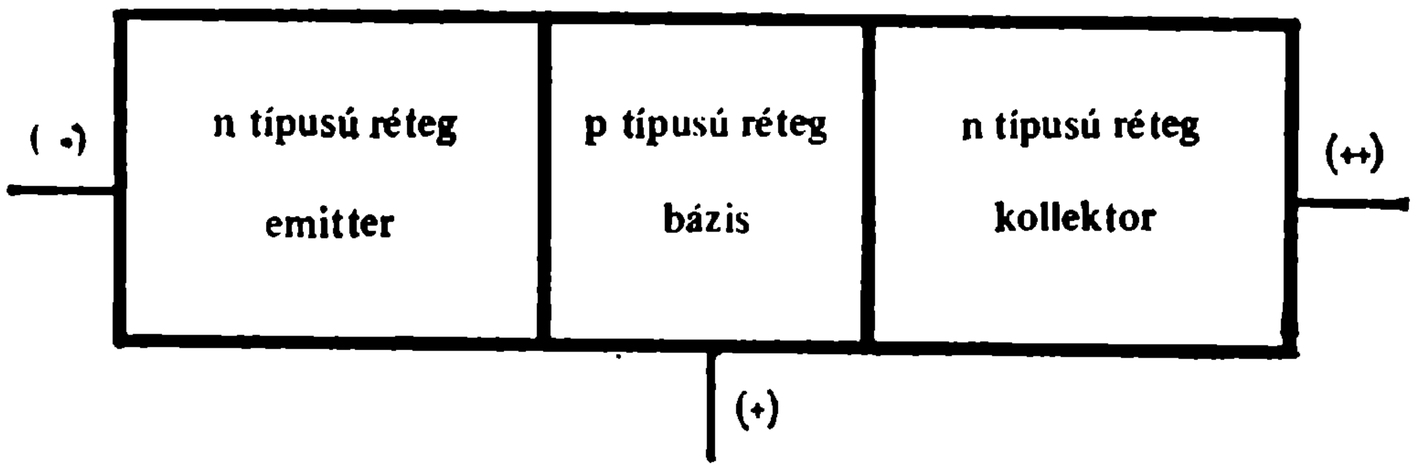
A germániumból vagy a szilíciumból 25–30 centiméter hosszú, monolitikus kristályokat (egykristályokat) „tenyésztenek" ki, ezek henger alakúak, átmérőjük 3–5 centiméter. Ezt a hengert mintegy 2 milliméter vastag korongokra szeletelik fel. Ezután kezdik meg rajtuk a különböző zónák kialakítását. Ötvözésnél a kristály felületére a szándékolt típusú szennyezésnek megfelelő adalékanyagot visznek fel, majd a találkozás terében mindkét anyagot hő közlésével megolvasztják. A keletkező olvadékban mindkét anyag egyenletesen oszlik el. Ez az olvadék a lehűlés során rákristályosodik az eredeti kristályokra. Ha az olvadékba előzetesen n-típusú adalékanyag kerül: akkor itt n-típusú zóna alakul ki. Ellenkező esetben, ha az olvadékba előzetesen p-típusú adalékanyag kerül: p-típusú zóna alakul ki. A keletkezett új zóna és a régi zóna határán: p-n átmenet képződik.

A diffúzió során az adalékanyagot elpárologtatják, ugyancsak hő közlésével. Hőt közölnek magával az alapanyaggal is (a szilícium- vagy germániumkristály-koronggal), aminek eredményeként a kristályrács rácspontjaiban elhelyezkedő atomok mozgásenergiára tesznek szert, a kristályban felbomlik a rács szigorú rendje, átrendeződés zajlik le. Ezt a „káosz"-t az elpárologtatott adalékanyag atomjai kihasználhatják arra, hogy beférkőzzenek a kristályrácsba (diffundáljanak). Ott, ahol ez a diffúzió megtörténik, n- vagy p-típusú zónák alakulnak ki aszerint, hogy az adalékanyag, amely bediffundál, előzetesen n- vagy p-típusú volt-e.

A zónák kialakítása igen kis távolságok nagyon pontos betartását követeli meg. E célból maszkot készítenek, azt helyezik rá a kristálykorongra: az ötvöződés, illetve a diffúzió csak ott mehet végbe, ahol a maszkon rések vannak, ahol a maszk tapad, ott nem. A maszkot előbb az emberi szem számára jól látható módon, milliméterpapírra kézzel kirajzolják, majd lefényképezik, a fényképet sokszorosan kicsinyítik, és így használják fel. Ugyancsak maszk segítségével történik a kristálykorong „feleslegessé" vált részeinek eltávolítása is. A már kiképzett felületet fényérzékeny anyaggal vonják be, majd maszkon át fényt bocsátanak rá. A fényérzékeny anyag ellenállóvá válik a savakkal szemben ott, ahol fény érte. Így a „felesleges" részek, amelyeket ilyen saválló bevonat nem védelmez, oldószerrel eltávolíthatók.

A tranzisztor működése

Ilyen módon készül el a tranzisztor, amelyben emittert (elektronkibocsátó, n-típusú zónát), bázist (pozitív lyukakat tartalmazó elektronbefogadó zónát) és kollektort (az elektronokat mintegy összegyűjtő zónát) találunk. Hogyan működik az ilyen módon elkészült tranzisztor? Álljon az egyszerűbb elképzelhetőség kedvéért – egymás mellett az n (emitter), a p (bázis) és az n (kollektor) zóna, tehát egy n-p-n tranzisztort kívánunk ismertetni. Kapcsoljunk az emitterre pozitív, a bázisra negatív feszültséget: a negatív feszültség igyekszik kivonni a bázisból a „lyuk"-akat, minek folytán az emitter és a bázis között a „senki földje" még szegényebb lesz töltéshordozóban, mint amilyen volt, még üresebb lesz: az n-p „átmenet"-ben az ellenállás megnövekedik. Az ilyen kapcsolás: záró irányú. Ha azonban az emitterre negatív, a bázisra pedig pozitív feszültséget kapcsolunk, akkor mind az emitterben (az n-zónában), mind pedig a bázisban (a p-zónában) megnövekedik az egymással ellentétes előjelű



5. ÁBRA / A TRANZISZTOR

töltéshordozók mennyisége, ami a két zóna között feszültség-különbséget teremt, és töltéshordozókkal népesíti be az n-p átmenetet; az átmenet, a „senki földje" elektromos töltésekben gazdaggá válik, ellenállása lecsökken, és a két zóna között elektromos áramlás indul meg. Ez: nyitó irányú kapcsolás. Ha az ilyen nyitó irányú kapcsolás esetén a kollektorra is pozitív feszültséget kapcsolunk (mégpedig pozitívabbat, mint aminőt a bázisra), akkor elektromos töltésekkel telik meg a p-n átmenet, és lecsökken az ellenállása, itt is áram indul meg a két zóna között. Végül is ebben az esetben az emitterből a bázison át a kollektorba fog folyni az áram, az emitter és a kollektor között áramkör keletkezik.

De hogyan? Az emitter és a bázis között szabad az út: elektronok áramlanak át az emitterből a bázisba. Ezek igyekeznek a bázisra kapcsolt vezetéken át távozni, és így visszajutni az emitterbe, vagyis igyekeznek abban a „kis áramkör"-ben keringeni, amely az emitter és a bázis között alakult ki. Csakhogy a bázisra kapcsolt vezeték „szűk" a bázis összes elektronjainak a felvételéhez. Az a pozitív feszültség, amely ezen a vezetéken igyekszik átszívni az elektronokat, nem tud versenyezni azzal a nagyobb pozitív feszültséggel, amely a kollektorba csábítja a bázis elektronjait. A bázis és a kollektor p-n átmenetén át sokszorosan nagyobb áram fog folyni, mint a bázisra kapcsolt vezetéken keresztül: az emitter és a kollektor között megvalósuló nagyobb áramkör árama sokszorosan meghaladja a „kis áramkör" áramát.

Egy-egy szilícium-, germániumkristály-korong felületén sok tranzisztort alakíthatnak ki. A kristálylemezt ezután szétvagdalják úgy, hogy minden egyes tranzisztor külön-külön „morzsa" („chip") hátára kerül. A tranzisztort lábakra szerelik, elektromos kivezetésekkel (aranyhuzalokkal) látják el, majd tokozzák. A tranzisztor a kivezetések útján kapcsolódik más áramvezetékekhez, a további áramkörökhöz.

Integrált áramkörök

Az integrált áramkörök: olyan tranzisztorokat tartalmaznak, amelyek miniatürizáltak, vagyis sokkal kisebbek, ezenkívül ugyanannak a kis lemezkének a felületén, amely a tranzisztort hordozza, megtalálhatók az áramkör kiegészítő elemei is (kondenzátorok, ellenállások stb.). Az integrált áramkör gyártásában is lényegében ugyanazokat a technológiai folyamatokat alkalmazzák, amelyekkel az imént a tranzisztor előállításának

bemutatása során megismerkedtünk. Ez esetben azonban ezek az eljárások kiterjednek a kiegészítő elemek, más alkatrészek előállítására is. Itt a kiegészítő elemek is a kristálykorong felületeinek „típusátalakításával" keletkeznek. Ez szükségtelenné teszi, vagy nagyon kis mértékben teszi szükségessé külső összekötő áramvezetékek és ezzel kapcsolatban forrasztások alkalmazását. Ilyen módon az integrált áramkör révén csökkennek a méretek, másrészt a forrasztások elmaradásával nő az üzembiztonság.

Az integrált áramkörökben „szendvicsek"-et alakítanak ki, amelyben különböző p-, illetve n-típusú rétegek váltják egymást. E rétegeket speciális (nem mechanikus) úton „átfúrják", a fúrólyukakba szennyező atomokat juttatnak, és ilyen módon különböző típusú tereket, ezek között pedig összeköttetéseket alakítanak ki. A rétegek – a hártyák – olyan vékonyak, hogy ezzel kapcsolatban ún. 2*D*, azaz kétdimenziós technikáról beszélnek, mintegy azt akarva ezzel az elnevezéssel érzékeltetni, hogy egy-egy rétegnek úgyszólván csak a síkban van kiterjedése, a harmadik dimenzióban nincs, ami, persze, csak közelítésképpen vagy még inkább csupán hasonlatképpen állja meg a helyét.

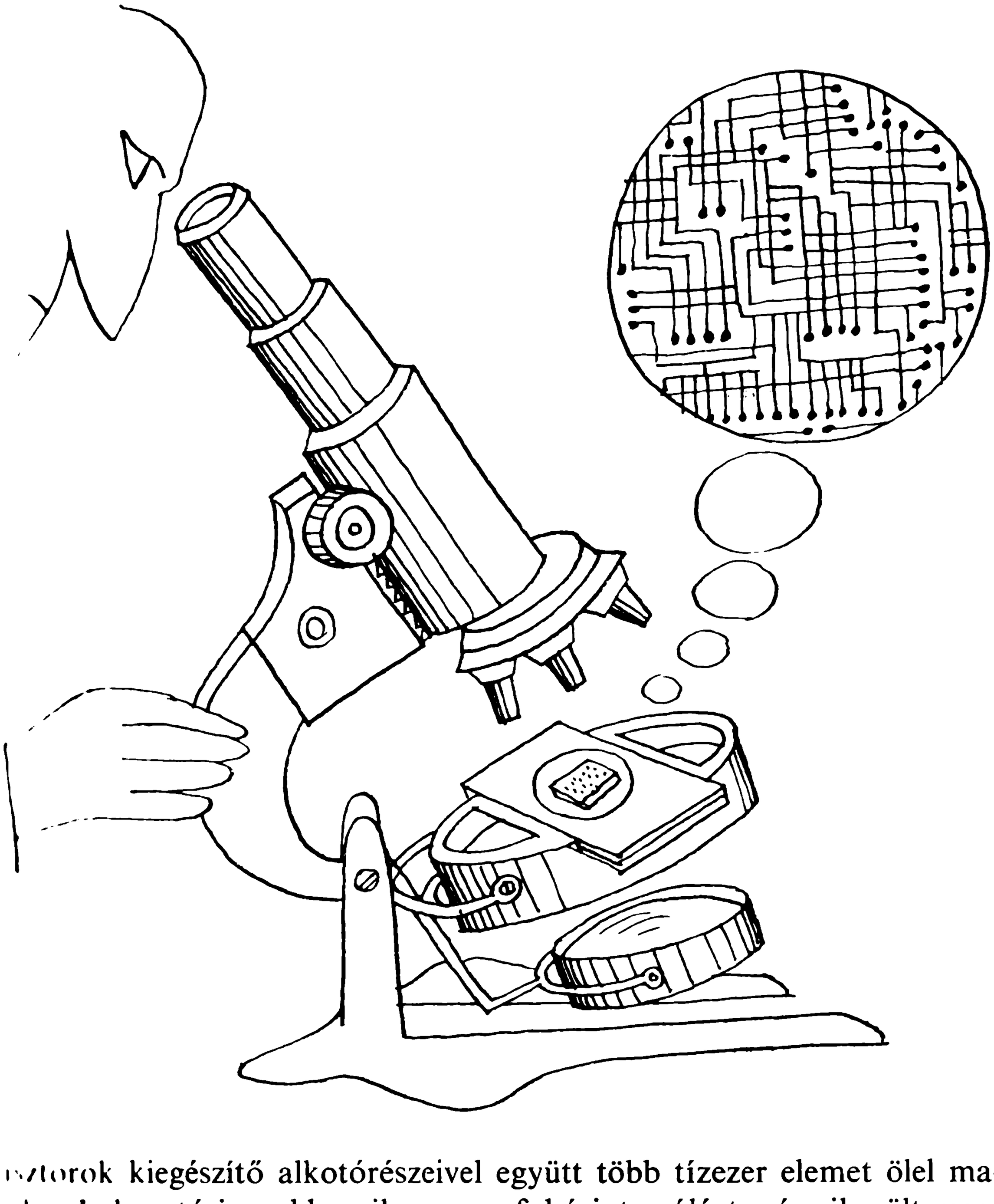
Kialakítanak pl. p-n-o szendvicset (az o itt oxidréteget jelent). Itt a p-típusú réteg – azaz a pozitív elektromos töltésű réteg – 25 mikron vastag szilíciumréteg, vagyis olyan vékony, hogy negyvenet lehetne egymásra fektetni ahhoz, hogy ez a réteg 1 milliméter vastagságú legyen. Ezt a réteget bóratomokkal való szennyezés révén teszik pozitívvá: a szennyezés 10 000 000:1 arányban történik, azaz minden tízmilliomodik szilíciumatomra jut egy szennyező bóratom. Ez a réteg helyezkedik el a szendvics legalján. Efölött 25 mikron vastagságú n-típusú réteg húzódik. Ezt arzén- vagy foszforatomokkal szennyezve teszik elektronokban gazdaggá. Végül a szendvics tetején 0,3–0,5 mikron átmérőjű oxidréteg húzódik, amely mintegy védőpajzsként óvja az alatta elterülő két „funkcionális" réteget a külső környezet ártalmaitól. Ebbe a szendvicsbe „fúrólyuk"-akat mélyítenek, és a fúrólyukak mélyén különböző típusú szigeteket hoznak létre. Ha pl. átfúrják a legfelső o- és az alatta levő n-réteget, és a fúrólyukakba p-típusú szennyező atomokat gőzölögtetnek be, akkor az n-típusú hártyában p-típusú szigeteket hoznak létre. Ilyen módon alakíthatók ki a tranzisztorok és az áramkörök további elemei a szendvicsekben anélkül, hogy mechanikai eljárásokhoz, szereléshez, forrasztáshoz kellene folyamodni.

Az integrált áramkörök gyártása

Az integrált áramköröket kis tartó dobozkákban, „tok"-okban helyezik el, kiegészítő elemeikkel együtt. Egy-egy „tok"-ban nemcsak egy, hanem több, esetleg több tucat miniatürizált tranzisztor is otthonra lelhet. E harmadik generációs kapcsolóelemeket, az ezeket tartalmazó integrált áramköröket, bizonyos értelemben az elektronikus számítógép „maga gyártja", ha tervezésükhöz elektronikus számítógépet hívnak segítségül. Elektronikus számítógép számítja ki, milyen módon lehet összeállítani, összekapcsolni az alkatrészeket az integrált áramkörben olyan módon, hogy bizonyos meghatározott kritériumok szerinti optimumát érjék el a működésnek. Miután több millió összeállítási lehetőség közül válogathatunk, összehasonlításuk és a közöttük emberi fejjel, „kézi erővel" való számítás alapján történő válogatás évtizedeket vehetne igénybe anélkül, hogy kielégítő eredménnyel járna. A számítógép azonban „reális időn belül" szolgáltatja az optimumot. Ugyanez áll nemcsak az összeállításra, hanem az alkatrészek „geometriai elhelyezésére" vonatkozóan is. Végül számítógép vezérli az automatikus gyártási folyamatot vagy ennek egy részét, és az ellenőrző vizsgálatokat is.

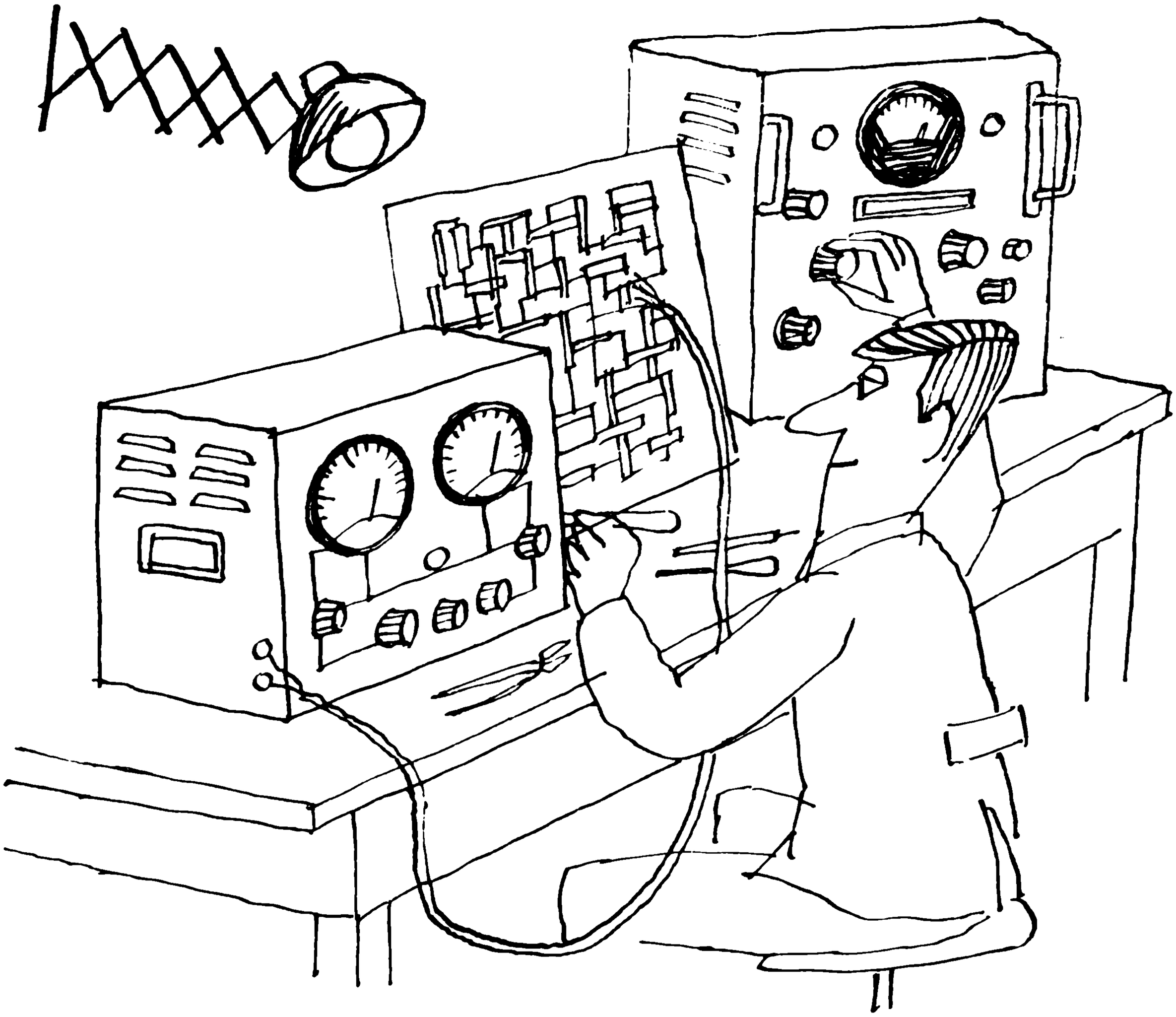
Az ellenőrző vizsgálatok száma igen nagy. Néhány száz alkatrész esetén már néhány ezer ellenőrző vizsgálatra van szükség. A selejt valószínűsége rendkívül nagy. Az automaták csak akkor hajlandók az integrált áramkört átbocsátani a minőségi szűrőn, ha kivétel nélkül minden alkotórésze hibátlanul működik. Ez azért van, mert az integrált áramkört nem lehet szétszerelni, az egyes alkatrészeket nem lehet megjavítani, így ha egy integrált áramkörnek akár csak egyetlen alkotóeleme működik hibásan, az egész integrált áramkör hibássá vált. A selejt aránya olyan nagy, hogy a szakmában az integrált áramkörök gyártását időnként szerencsejátékhoz hasonlítják. Ez a körülmény készteti arra a gyárakat, hogy az integrálható elemek számának valamely, a költségekkel is számoló gazdaságos optimumát megállapítsák. Ez az optimum természetesen a mindenkori technológiai szint függvénye.

Az integrálás középső foka az ún. *MSI* (*M*edium *S*cale *I*ntegration, középfokú integráltság), felső foka az *LSI* (*L*arge *S*cale *I*ntegration, nagyfokú integráltság). Nagyfokú integráltság esetén ezres nagyságrendű az alkotóelemek száma, amelyeket egy tömbbe integrálnak, elvileg azonban olyan integráció felé tart a fejlődés, olyan integrált áramkör kialakítására törekednek, amely néhány száz miniatürizált tranzisztort, e tran-



rétorok kiegészítő alkotórészeivel együtt több tízezer elemet ölel magába. Laboratóriumokban ilyen nagyfokú integrálást már sikerült megvalósítani. A gyártás során mikroszkopikus nagyságú tárgyakkal, távolságokkal kell dolgozni.

Az előrehaladás minden kis új lépcsőfokának meghódításáért a tudományos kutatások új eredményeivel kell fizetni. Az egyik legfontosabb akadály, amelyet le kell küzdeni, annak a fotolitografikus maszknak a méreteivel kapcsolatos, amelyet a „fúrás"-nál alkalmaznak. Ennek a



fotolitografikus *maszknak* igen vékonynak kell lennie, hogy szorosan simuljon rá az alatta levő rétegre, a távolság közöttük ne legyen nagyobb, mint két mikron. A fotolitografikus maszk alatt a fényérzékeny réteg nem vastagabb 5 mikronnál. De ha a miniatürizálást fokozni akarják, akkor ez a vastagság sem felel meg; tovább kell csökkenteni. Már előállítottak 0,1–0,3 mikron vastagságú fényérzékeny rétegeket. Újabban fémfilmet visznek rá üvegre, és a fémfilm vastagsága nem több mint 20 nanométer, vagyis 20 milliomod milliméter. Egy-egy ilyen fémfilmből tehát 20 milliót lehetne egymás fölé rakni, hogy 1 milliméteres vastagságú réteget nyerjünk. És ezt még nem tekinthetjük a fejlesztés végső határának.

A másik akadály: a *fényképezéssel* magával függ össze. A maszkot fényképezéssel készítik. A fényképezendő felület méretei egyre növekednek, ahogy mind több és több alkatelemet tömörítenek. Ez azt jelenti, hogy mind nagyobb és nagyobb maszkot kell ráfényképezni. Jelenleg a maszk mérete mintegy 3 mm^2. Ily felületű maszkot kell fényképezni.

Természetesen automata fényképezőgépet használnak. Gyártás közben automatikusan ismétli meg az expozíciót, miközben mindig „lép egyet". Ámde ha a szilíciumforgács méretei növekednek, akkor egyre inkább megnehezül az olyan „lépj és exponálj!" kamerák előállítása, amelyek még biztosítani tudják a megfelelő pontosságú feloldást.

Más nehézségek az integrált áramkörök *hőtermelésével* függenek össze. Amilyen előnyt jelent ugyanis az, hogy az integráció csökkenti a vezetékek számát és hosszát, és ezzel növeli a működés lehetséges sebességét, éppen olyan hátrányt jelent, hogy az integráció megnöveli az egy térfogategységre jutó hőtermelést. Az integrált áramkörök, abból következően, hogy zsúfolódnak bennük az alkotóelemek, működés közben – azonos térfogatot véve alapul – sokkal több hőt termelnek, mint a klasszikus tranzisztorok. A szilíciumkristályok gyorsan elérhetik a 200 °C-os hőmérsékletet is, márpedig ha ennél jobban felhevülnek, többé nem működnek megbízhatóan.

A hűtés hatékonyabbá tételére alkalmas a „colodne" néven bevezetett hőkapcsoló. Ez fémből készült, belül nemezzel bevont üres kis tégla. A téglácska egyik felében könnyen párolgó folyadék helyezkedik el. Ha e kapcsoló egyik végére hő áramlik, akkor a folyadék, amely ott helyezkedik el, elgőzölög, és átszáll a tégla másik végéhez, amely ekkor a kondenzátor (hőleadó) szerepét tölti be. A gőz felmelegíti e kondenzátor szerepet betöltő nemezt, és e nemezen át átadja a hőt a tulajdonképpeni hűtőrendszernek. Eközben maga a gőz lehűl, ismét folyadékká változik, és a nemezréteg kapilláris tulajdonságainak köszönhetően, visszafordul a tégla másik vége felé, ahol ismét csak hőt kap, gőzzé változik, s megindul a kondenzátor szerepet játszó vég felé. Ilyen módon a colodne-ban állandó hőkörforgás zajlik le, miközben a kondenzátor hőmérséklete nagyjából állandó marad bármilyen hőmérsékletű cirkuláció esetén is.

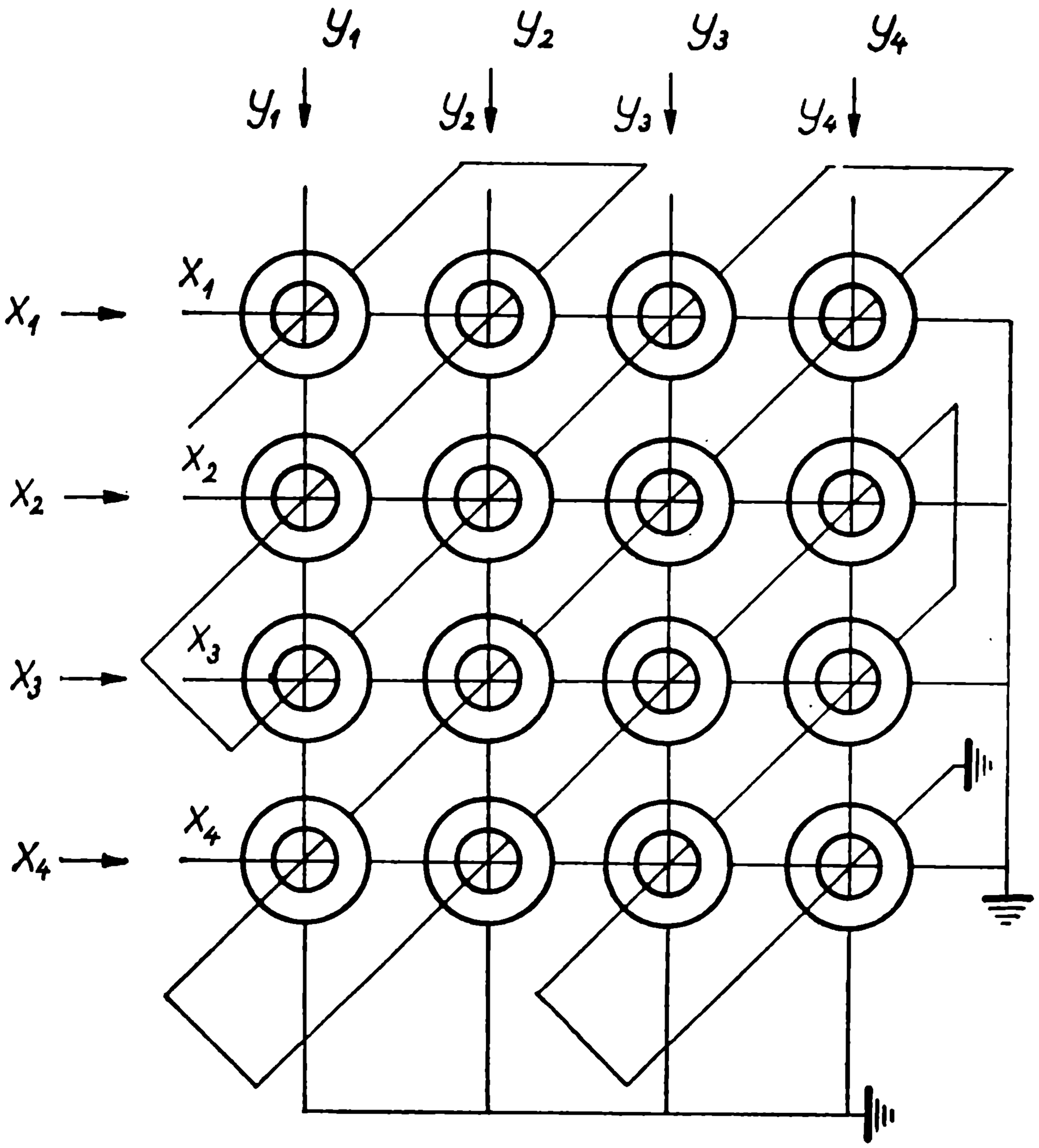
Magyarországon több kutatóintézetben is foglalkoznak az *integrált áramkörök kutatásával, fejlesztésével, illetve előállításával.* A Híradástechnikai Ipari Kutatóintézetben, az Egyesült Izzóban integrált áramköröket fejlesztenek ki és állítanak elő. Ezeket korántsem csak számítógépekben lehet alkalmazni: szerepet találhatnak rádió-vevőkészülékekben, hallásjavítókban, elektrokardiográfokban, személyhívó-készülékekben és az átviteltechnikai berendezések széles tartományában. Az MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutatóintézet (SZTAKI) eljárást dolgozott ki integrált áramkörökhöz tartozó nyomtatott áramkörök tervezésének számítógép segítségével való kidolgozására, illetőleg a gyártás

számítógépes vezérlésére. Ezeket a tényeket azonban csak példaként említjük: a kutatás, a fejlesztés és a gyártás mind nagyobb területen bontakozik ki hazánkban is.

Ferritgyűrű

Mostanáig általában ismerkedtünk a számítógépek kapcsolóelemeivel, követve fejlődésüket három generáció során. Most külön figyelmet kell szentelnünk azoknak a kapcsoló- (billenő-) elemeknek, amelyek *a számítógépek táraiban* foglalnak helyet, amelyeknek tehát az a rendeltetésük, hogy viszonylag tartósan őrizzenek meg információkat (biteket). A számítógépekben már az első generációtól kezdve alkalmazzák a *ferritmagokból*, *ferritgyűrűkből* álló tárolókat, de csak a második generációban vált az alkalmazásuk általánossá. Ezeket változatlanul (noha méreteikben zsugorodva) felhasználják a harmadik generáció gépeiben is, és mindmáig a legelterjedtebbek. Ámbár új versenytársak fenyegetik népszerűségüket, csak igen lassan veszítenek tért. Ez kitűnő tárolótulajdonságaiknak köszönhető. A ferritgyűrűk mágneses tulajdonságait jelző ún. hiszterézisgörbe közel négyszögletes; a csaknem függőlegesen felfelé szálló ág annak a jele, hogy a gyűrű nagyon gyorsan veszi fel a mágneses állapotot, a csaknem vízszintes ág pedig azt mutatja, hogy a már felvett új mágneses állapotban tartósan meg is marad a gerjesztés megszűnte után. Világos, hogy a mag ugrásszerű átbillentéséhez éppen ilyen mágneses tulajdonságokra van szükség.

Az átmágnesezés, az átbillentés után kétféle visszamaradó remanens mágnessége lehet a gyűrűnek: szakmai nevükön $+B_r$ és $-B_r$ remanens mágneses állapot. Amennyiben a $+B_r$ remanens mágnesességet az 1, a $-B_r$-et a 0-nak feleltetjük meg, a ferritgyűrűkkel kettes számrendszerbeli számjegyeket ábrázolhatunk, illetve mindazt felírhatjuk, ami e számjegyek segítségével kifejezhető. A beírás az ún. beíróvezetékek segítségével történik. E vezetékek egymásra merőlegesen haladnak át a gyűrűkön, ilyen módon mátrixszerű elrendezést biztosítva. Ha valamely gyűrű két vezetékére egyidejűleg bocsátunk áramot, akkor a gyűrű pl. a $+B_r$ állapotba kerül, ha csak az egyikre bocsátunk áramot, akkor a gyűrű mágneses állapota nem változik, minthogy az áram nem elegendő a gyűrű átbillentéséhez. Ellentétes irányú elektromos impulzusok ugyanígy billentik át a gyűrűt a $-B_r$ állapotba, illetve hagyják meg régi mágneses állapotában.



6. ÁBRA / FERRITGYŰRŰS MEMÓRIA (FERRIT-MÁTRIX) ELVI FELÉPÍTÉSE

Az emléknyomok kiolvasása a gyűrűkből az ún. olvasóvezeték révén megy végbe, ez átlósan halad át a mátrixba fűzött gyűrűkön. Ha ki akarjuk olvasni a gyűrűből a tárolt információt, emléknyomot, akkor mindkét beíróvezetékre negatív irányú áramimpulzust küldünk. Ha a gyűrű korábban 1-et tárolt, akkor a két „olvasóimpulzus" hatására átbillen a 0 állapotba; egyidejűleg az átlós irányú olvasóvezetéken feszültség keletkezik, ez a feszültség jelzi azt, hogy a gyűrű az 1 számjegyet őrizte. Ha a gyűrű eredetileg 0 állapotban volt, akkor a két „olvasóimpulzus" hatására nem billen át (marad eredeti állapotában), és az olvasóvezetéken nem keletkezik feszültség. Így az olvasóvezetéken a feszültség hiánya annak a jele, hogy a gyűrű 0 emléknyomot őrzött.

Ha valamelyik ferritgyűrűből kiolvastuk az emléknyomot, akkor az mindenképpen a $-B_r$ remanens mágneses állapotba kerül, akármilyen

számjegyet, azaz akár 1-et, akár 0-t őrzött is korábban. A kiolvasás tehát nullázza, törli a gyűrűt, megsemmisíti az eredeti állapotot. Amennyiben olyan tárolót kívánunk létesíteni, amely a kiolvasás után is őrzi az eredeti emléknyomokat, gondoskodni kell arról, hogy valamely áramkör a kiolvasás után automatikusan helyreállítsa a gyűrűben a $+B_r$ remanens mágneses állapotot. Ezt segédáramkörök stb. beszerelésével érik el. A $-B_r$ állapot helyreállítására nincs szükség: ezt a kiolvasás nem változtatja meg.

A kiolvasás során a vezetékben zaj keletkezhet. A kiolvasóimpulzusok ugyanis nemcsak az általuk „célba vett" gyűrű mágneses állapotát változtathatják meg, hanem más ferritgyűrűk mágneses állapotaira is hathatnak; ugyanígy hatással lehet az olvasóvezetéken haladó feszültség is. Így zajjelek keletkezhetnek, amelyek összegeződései hibákat idézhetnek elő a számítógép működésében. Ez ellen úgy igyekeznek védekezni, hogy az olvasóvezetékeket – a gyűrűs mátrixokon átlós irányban haladó vezetékeket – az egymást követő sorokban ellentétes irányban vezetik át. így az áram is egymással ellentétes irányban folyik ezekben a vezetékekben. Ennek hatására az ellentétes irányú feszültségek kiegyenlítik egymást. Ámde ez a kiegyenlítés sohasem lehet tökéletes, a zajfeszültség gyakorlatilag nem redukálható nullára.

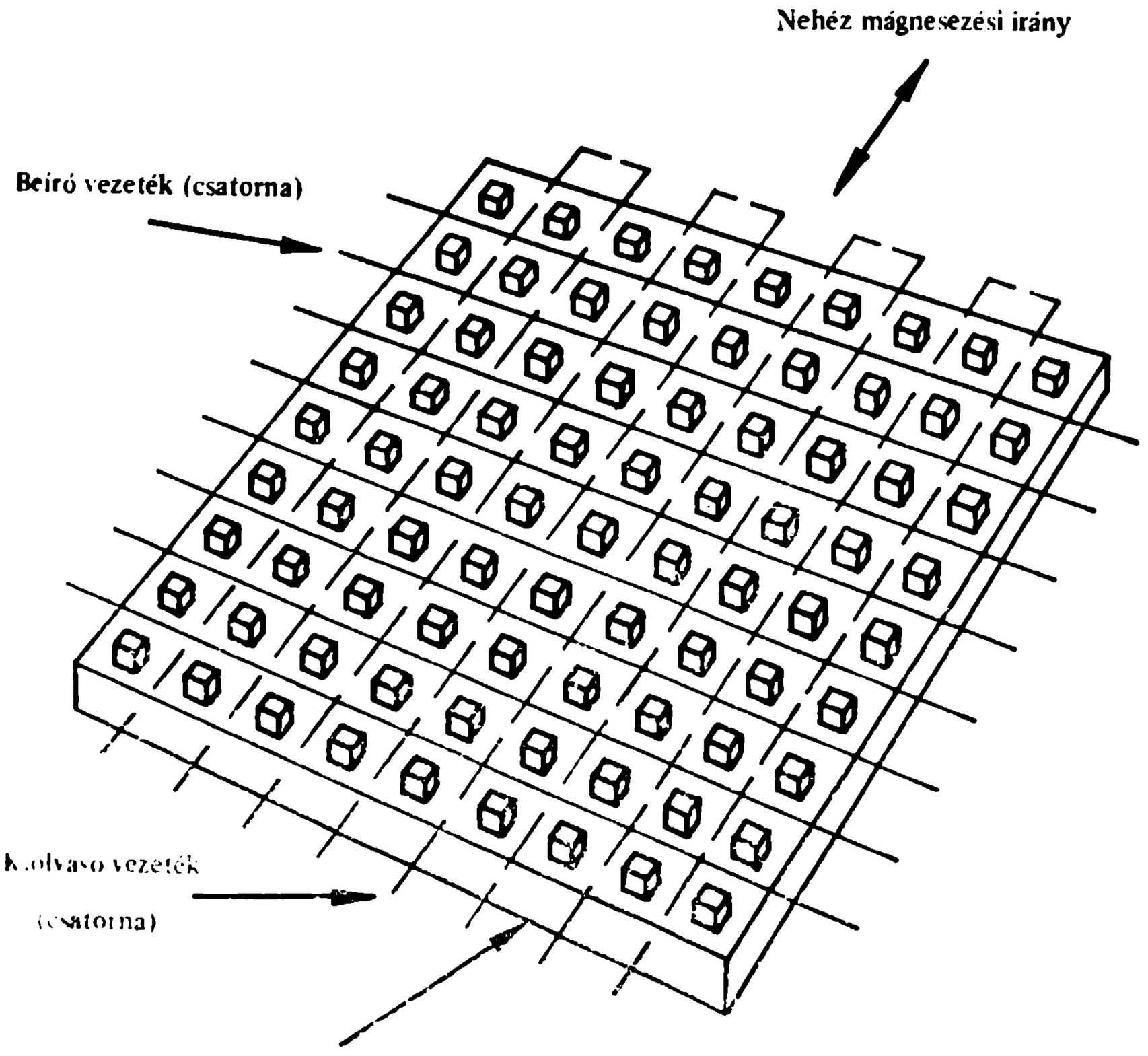
A ferritgyűrűket mátrixszerű elrendezésben táblákra szerelik. Annyi táblát helyeznek el egymás mellé, egymással párhuzamosan, amennyi bitből áll egy-egy szó. Egy-egy tábla oszlopvezetékei a szó egy-egy helyértékét címzik meg. A táblákon áthaladó vezetékek a szavakat címzik meg.

Mágneses síkfilm

Lényegében ugyanilyen alapelv fölhasználásával – azaz kétféle irányban mágnesezett, illetve kétféleképpen mágnesezett pozíciók létesítésével a *mágneses síkfilmmemóriák* is a ferritgyűrűs tárakhoz hasonlóan működnek. A mágneses síkfilmmemóriák esetében négyzethálósan vas-nikkel ötvözetből álló miniatűr pöttyöket, négyzetfelületeket visznek fel valamely tartólemezre. E négyzeteket a már megismert 2*D* technikához hasonlóan, rágőzölögtetés, rápárologtatás útján alakítják ki. Vastagságuk nem nagyobb, mint 1000 Ångström (1 Å a centiméter százmilliomod része), egy-egy négyzet oldalai 300–600 mikron hosszúságúak, egy-egy

alaplemezre mintegy 10 000 fér belőlük. A 10 000 négyzet, ami a tárolókapacitást illeti, megfelel 10 000 ferritgyűrűnek.

Amikor e mágneses négyzeteket rápárologtatják az alaplemezre, akkor külső mágneses teret alkalmaznak. Ennek segítségével teszik anizotroppá a síkfilm mágnesezettségét, vagyis olyanná, amelyben a síkfilm valamely darabját egy meghatározott irányba könnyen, az erre merőleges irányban pedig nehezen lehet mágnesezni. Amennyiben ilyen teret nem alkalmaznának, a síkfilm mágnesezettsége izotrop maradna, vagyis minden irányban egyformán könnyen vagy egyformán nehezen lehetne mágnesezni, nem lenne kitüntetett irány, amelyben könnyen mágnesezhető.



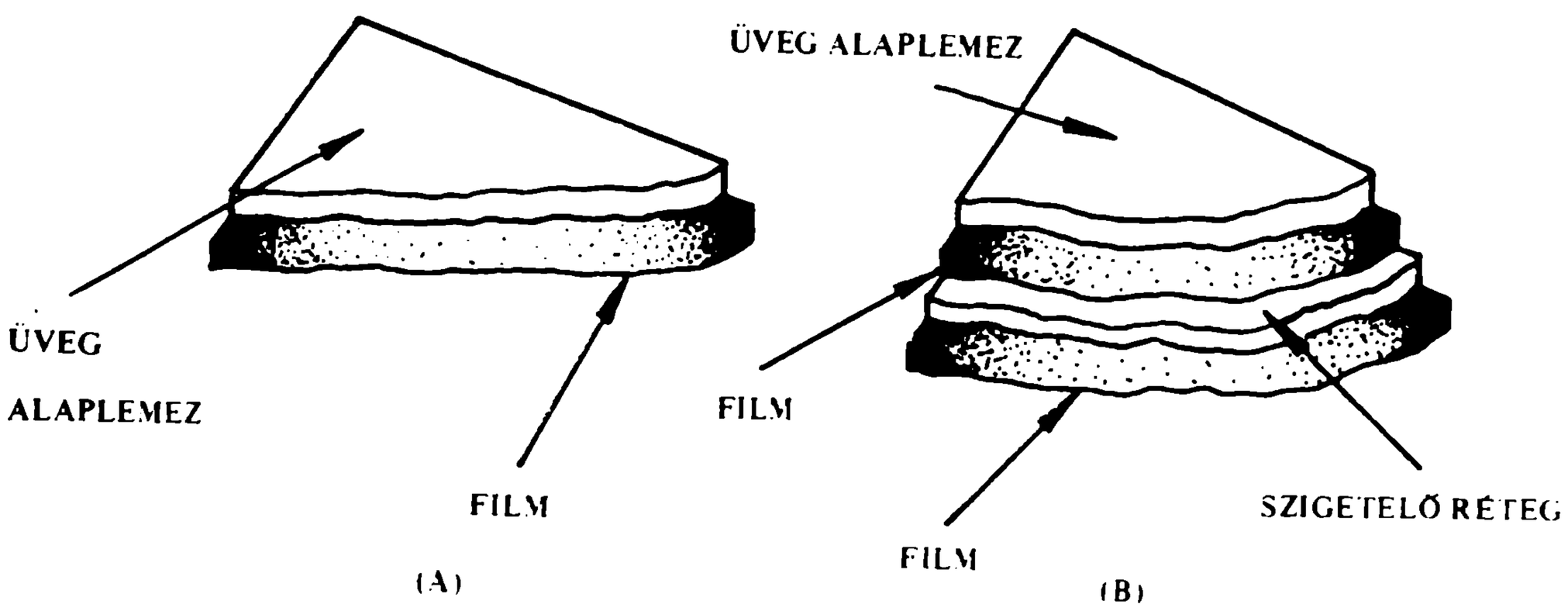
7 ÁBRA / P—A—F TÁROLÓ MÁTRIX ELVI VÁZLATA

Minthogy a négyzetek nagyon kicsik, nagyon kis elektromos áram keltette gerjesztés elegendő átmágnesezésükhöz, az egyik mágneses állapotból a másikba való átbillentésükhöz. A síkfilmtárak több 10 000-nyi emléknyomot őrizhetnek négyzetcentiméterenként.

A síkfilmtárolóhoz teljesen hasonlóan működik a „*P*ost *a*nd *F*ilm" (PAF) tároló. Itt olyan ferritlemezre alakítják ki a négyzeteket, amelyek

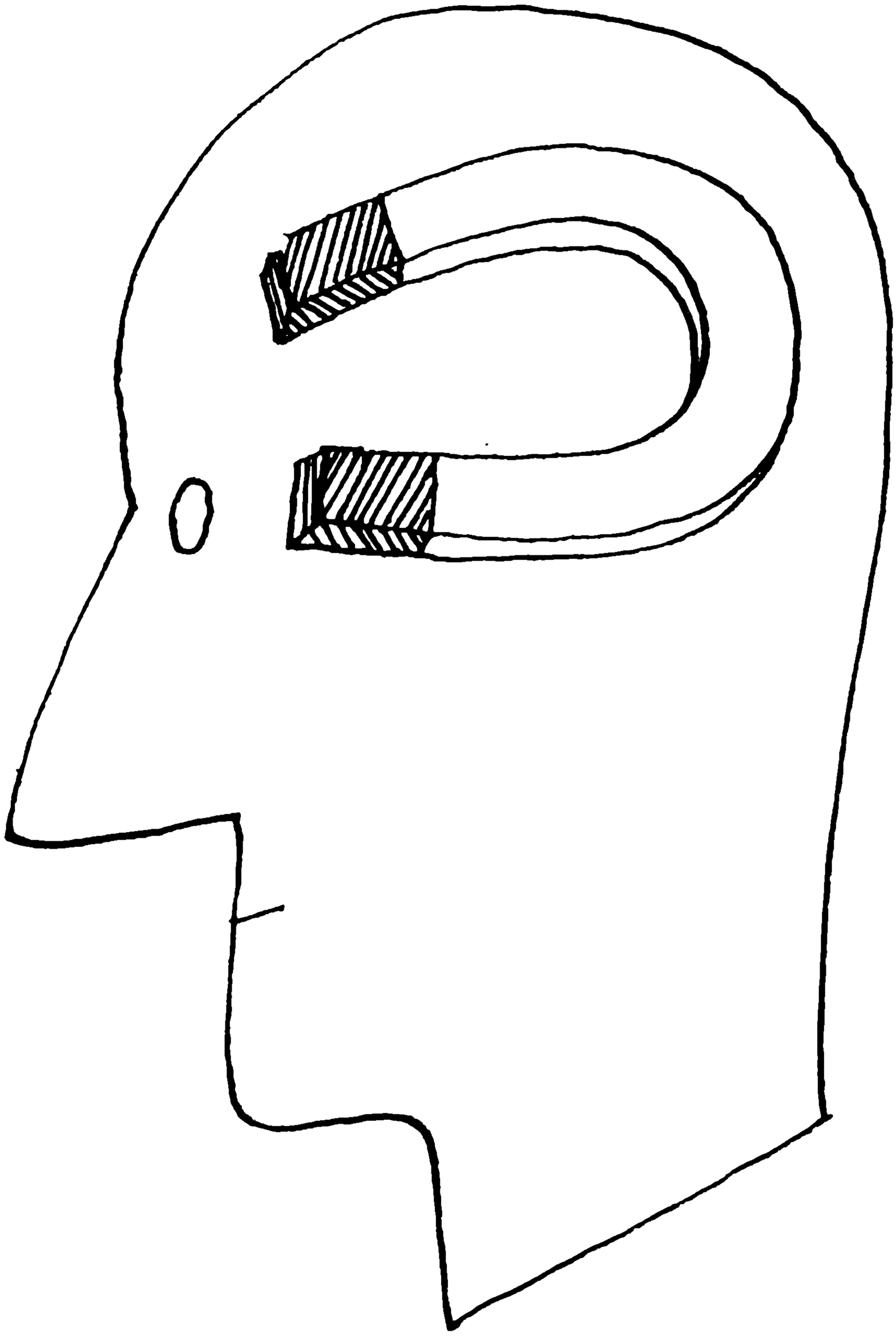
mellett csatornák futnak. E csatornák egyrészt zárják a négyzetek mágneses erővonalait; ez megszünteti a közönséges síkfilmtárolónak ama hátrányát, hogy a mágneses erővonalak kilépnek magából a filmből, és ezzel zajhatást gyakorolhatnak. Másrészt ugyanezek a csatornák beíró-, illetve olvasóvezetékek elhelyezésének céljaira is szolgálnak.

Kifejlesztettek kétréteges PAF-tárolókat is. Ez esetben lényegében négy réteg húzódik egymás alatt. Egy üveg alaplemezre lágy mágneses filmet visznek fel, ez alatt szigetelőréteg húzódik, az alatt pedig kemény mágneses film. Amikor emléknyomot írnak be a tárolóba, akkor az mind a lágy mágneses, mind a kemény mágneses filmen rögzítődik, ugyanolyan módon, ahogy fentebb ismertettük. A kiolvasóáram megváltoztatja a lágy mágneses film mágnesességét, a mágnesezettség irányát elfordítva – de ahhoz nem elegendő, hogy megváltoztassa a kemény mágneses film mágnesezettségét is. A kemény mágneses film ezért tovább őrzi az eredeti emléknyomot. Amikor a kiolvasóimpulzus megszűnik, a kemény mágneses film mágnesezettsége hat a lágy mágneses film mágnesezettségére, visszafordítja azt az eredeti irányba. Így ez a több rétegű tároló különösen olyan memóriák készítésére alkalmas, amelyekben visszaírásra nincs szükség.



8. ÁBRA / P—A—F TÁROLÓK ANYAGA

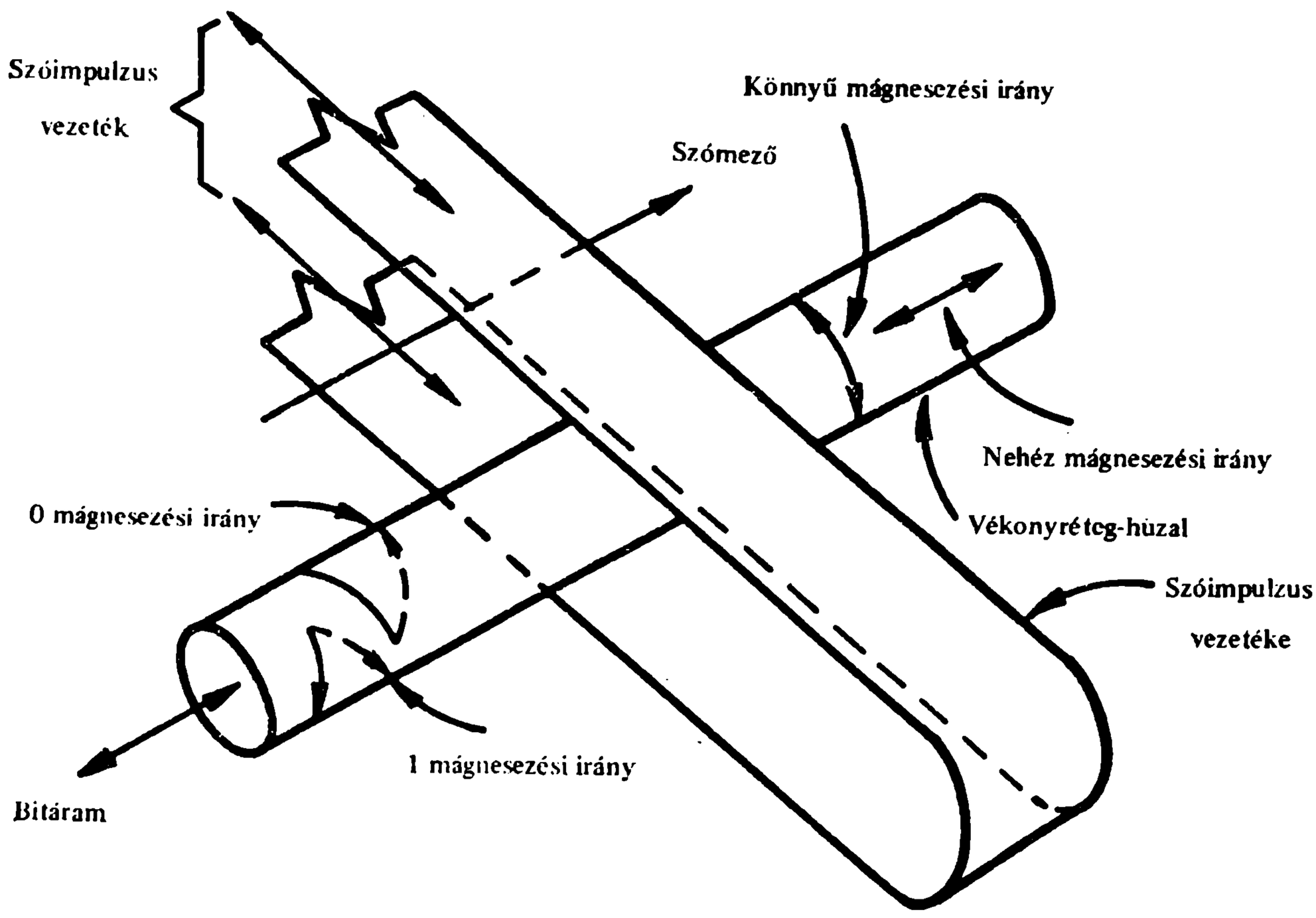
Magyarországon is kutatnak *mágnesfilm-memóriákat.* Így pl. a Híradástechnikai Ipari Kutatóintézetben üveg- és fémlemezre vákuumpárologtatás útján vékony permalloy típusú lágy mágneses rétegeket vittek



fel, amelyek mintegy 81% nikkelből és 19% vasból tevődnek össze. Az elpárologtatásnál – hogy a kívánt összetételt biztosítsák – olyan hőforrást alkalmaztak, amelynek a hőmérséklete lényegesen magasabb, mint akár a nikkel, akár a vas párolgási hőmérséklete („flash" típusú párologtatás). Más módon az összetétel arányát nem lehetett volna betartani, mert a nikkel és a vas párolgási hőmérsékletei jelentősen különböznek egymástól. Az első kísérleti tár megvalósításakor a szóvezetéket 30 mikron vastagságú vörösréz fóliából készítették, és ragasztással rögzítették. A bitvezetéket nyomtatott áramkörű lemezre vitték fel fotolitografikus úton. A síkfilm-memória ott tárol egy-egy bitet, ahol a szó- és a bitvezeték a mágneses pötty fölött keresztezi egymást.

Mágneses huzal

A mágneses huzaltárolóknál kör keresztmetszetű vékony vezetékre viszнek fel mágneses filmet. A mágneses vékony réteg ez esetben is nikkelből és vasból áll. Miközben e filmet felviszik a huzalra, magán a huzalon áramot vezetnek át. A film így anizotrop mágnesességűvé válik: a hengerpalástok mentén körkörösen könnyen, a huzal hosszában pedig nehezen mágnesezhető. Amikor a huzal valamely „korong"-részletére emléknyomot (bitet) akarnak felvinni, akkor előbb a huzal irányára merőleges vezeték révén szóimpulzust közölnek vele, ezzel az adott korong palástfelület mágnesezettségét a könnyű mágnesezettségi irányból, vagyis a körkörös irányból a nehéz mágnesezettségi irányba, vagyis a huzal hossza irányába forgatják. Ezután magán a huzalon át küldik a bitáramot, amely irányától függően az egyik (1), vagy a másik (0) könnyű mágnesezési irányba fordítja e felület mágnesezettségét. Amikor kiolvasásra kerül a sor, ismét szóáramimpulzust adunk a huzalra merőleges vezetéken át, s az a nehéz mágnesezettség irányába forgatja el a felület mágnesezettségét. Amikor a felület mágnessége változik, az érzékelő- (olvasó-) vezetékben is feszültség keletkezik. Ennek a feszültségnek attól függ az iránya, hogy milyen irányban történik a felület mágnes vektorának az elfor-



9. ÁBRA / A MÁGNESES HUZALTÁROLÓ ELVI VÁZLATA

gatása. Ennek következtében az olvasóvezeték aszerint „érzékel" 1-et vagy 0-t, amint alatta egyik vagy másik irányba történik a mágneses vektor elmozdulása. Ha meg akarjuk őrizni a kiolvasott felületen őrzött eredeti emléknyomot, akkor gondoskodnunk kell arról, hogy a szóáram, amely a nehéz mágnesezettségi irányba forgat, ne érje el azt az erősséget, amely a teljes elforduláshoz szükséges. A szóáramnak a vektort csak annyira kell a nehéz mágnesezettség irányába fordítania, hogy az ne érje el teljesen ezt az irányt. Ilyen módon ez a vektor az olvasóimpulzus megszűnése után önmagától visszatér eredeti helyzetébe. Ellenkező esetben, ha a szóáram a vektort teljesen beállítja a nehéz mágnesezettségi irányba, kiszámíthatatlan, hogy a szóáram megszűnése után a vektor az egyik vagy a másik irányba billen-e: vagyis a beírt információ a kiolvasásnál könnyen megsemmisül. Amennyiben fél milliméteres átmérőjű vagy ennél éppen vékonyabb huzalt sikerül alkalmazni, akkor egy-egy vezetéken centiméterenként 20 vagy még több bitnyi, azaz köbcentiméterenként 10 000, 20 000 vagy még több bitnyi információ tárolható.

Magyarországon az MTA Központi Fizikai Kutatóintézetben és máshol is foglalkoznak a huzalmemóriák kutatásával. A Híradástechnikai Ipari Kutatóintézetben 1968-ban kezdték meg az első kísérleteket. Berilliumbronz vagy más anyagú fémhuzalra vittek föl mágneses réteget. Eközben folyamatos galvanizáló rendszert alkalmaztak. Ennek során a berilliumbronz huzalt egymás után következő fürdőkön vezetik át. Az első fürdőben zsírtalanítják, a másodikban alkohollal, a harmadikban desztillált vízzel tisztítják. Ezt követően galvánfürdőben rézréteget visznek fel a berilliumbronzra, hogy a felületet egyenletesebbé tegyék. A tapasztalatok szerint ugyanis abban az esetben, ha a felületen egyenetlenségek vannak, a mágneses tulajdonságok kevésbé hatékonyak. Újabb mosófürdők, majd második galvánfürdő az állomás, e második galvánfürdőben már a nikkel- és vassókból s különböző felületaktiváló anyagokból álló mágneses réteg kerül a huzalra. A legkínosabb gonddal kell ügyelni az egyes fürdők összetételének és hőmérsékletének kellő határok között való tartására. Miközben a filmet felviszik a huzalra, áramot vezetnek a huzalon át, hogy ilyen módon a kitüntetett mágnesezettség, a könnyű mágnesezhetőség irányát biztosítsák. Végül tisztító fürdőn halad át a már kész mágneses huzal.

Az így előállított huzalokból társíkokat hoztak létre. Az egyik kísérleti társík műanyag lemezre forrasztott mágneses huzalokból áll. Maguk a huzalok egyben bitvezetékekül is szolgálnak. A szóvezetékeket, a bitve-

zetékekre merőlegesen szövik rá a műanyag lemezre. Egy másik kísérleti tárban, amelynek elrendezése – az előbbiéhez hasonlóan – ugyancsak mátrixszerű volt, a bitvezetékeket maguk a berilliumbronz huzalok alkották, a szóvezetékeket pedig rézfólia csíkok, amelyek burkolatszerűen takarták be a berilliumbronz huzalokat. Ezeket a vezető rézfólia csíkokat fotolitografikus úton vitték föl a műanyag lemezekre.

A Híradástechnikai Ipari Kutatóintézet e kísérletek során azt tapasztalta, hogy a huzalos tárakból „erősebb jel"-eket lehet kivenni, mint a sík tárakból. Ez azért van, mert az előbbiek esetében a mágneses réteg vastagsága 2000–5000 Ångström között van, ami meghaladja a sík memóriáknál alkalmazott mágneses réteg szokásos vastagságát. A vastagabb mágneses rétegnek arányosan nagyobb a mágneses energiája is. Ebből ered a kivehető jel „nagyobb ereje", azaz magasabb jelfeszültsége. Ezzel szemben azt tapasztalták, hogy hátrányként jelentkezik itt a *hőérzékenység*, a huzal – amikor áram halad rajta át – átmelegíti a tárolóréteget, ami zavart okozhat a mágneses tulajdonságokban, a működésben.

Mágneses buborék

A „*mágneses buborék*"-ok révén történő tárolás azon alapul, hogy a mágneses anyagokban eltérő mágnesezettségű terek keletkezhetnek, amelyek külső hatások útján mozgathatók. Az ilyen mágneses terek, „domen"-ek létét már *James Clerk Maxwell* megsejtette. Ő, az elektromágneses terek elméletének a megalapozója, mondotta ki először azt a feltevést, hogy a mágnes olyan részecskékből épül fel, amelyek mindegyike külön-külön mágneses. A XIX. század kutatói már molekuláris nagyságú mágneses „részecskék" kölcsönhatásairól beszélnek.

Pierre Weiss 1907-ben annak a feltevésének ad hangot, hogy a mágneses anyagban nagy kiterjedésű „molekuláris mezők" fordulhatnak elő, s ezekben a molekuláris mágnesek egymással párhuzamosan helyezkednek el. A kvantummechanika volt végül az, amely e feltevéseket igazolta, és közben meg is magyarázta. Eszerint a Pierre Weiss által feltételezett molekuláris mezők a ferromágneses atomok között fellépő kölcsönhatások eredményeként képződnek, és az egyes molekuláris mágnesek tulajdonképpen atomi mágneses momentumok, amelyek az elektron spinjével kapcsolódnak össze, azaz az elektron olyan sajátosságával, amely impulzusmomentumával, annak irányával kapcsolatos.

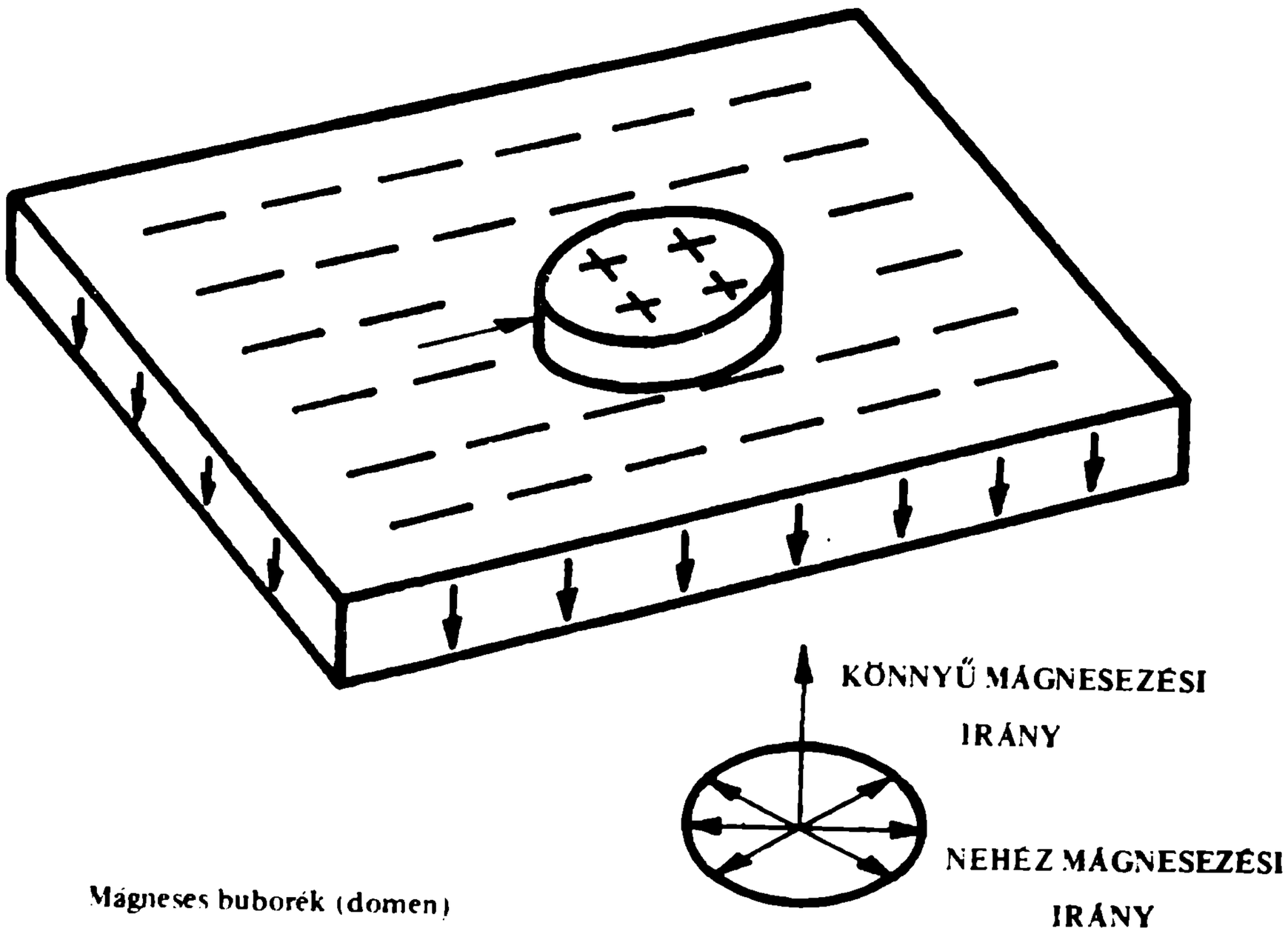
Eszerint tehát az elektronok az atommag körüli mozgásaik során mintegy körbehordozzák a saját elektromosságukat, köráramot létesítenek, amely mágneses teret gerjeszt. Ez nemcsak a ferromágneses anyagokban van így, hanem kivétel nélkül minden anyagban. Így tulajdonképpen minden anyag mágneses. Az ún. „nem mágneses anyagok"-ban azonban az elemi mágnesek rendezetlenül helyezkednek el, kölcsönösen semlegesítik egymást (vektoraik ellentetten mutatnak) és így az anyag kifelé nem mutat mágnességet. A ferromágneses anyagokra azonban az elemi mágnesek vektorainak párhuzamos elhelyezkedése a jellemző, ennek eredményeként mutat az anyag mágnességet kifelé. A ferromágneses anyagokban *domenek* („dominiumok"), mintegy mágneses tartományok keletkeznek, amelyeken belül az elemi mágnesek párhuzamosak egymással. A domenhez ezért kitüntetett mágnesezettségi irány van hozzárendelve.

Az ilyen *domenek nagysága és alakja* a mágneses anyagban ható különböző *erők kölcsönhatása révén* alakul ki, mintegy ezeknek az erőknek az egyensúlyaképpen. Mód van a domenek technikai úton, külső mágneses tér alkalmazásával való kialakítására is. A ferromágneses kristályokban általában van olyan irány, amelyben könnyebben átmágnesezhetők, mint más irányokban, azaz valamely természetes mágneses anizotrópia is jelen van. A könnyű mágnesezhetőség iránya, illetve irányai rendszerint a kristály tengelyével párhuzamosak. Ha külső mágneses teret alkalmazunk, akkor a mágneses momentumok valamely közbülső irányba állnak majd be, amely a belső könnyű mágnesezhetőségű irány és a külső mágneses tér iránya között kialakuló egyensúlynak fog megfelelni. Ámde nem csupán ez a két erő hat. A mágneses anyagban „magnetosztatikus" mezők alakulnak ki: ezek mintegy folytonossági hiányok az egész mágneses anyag mágnesezettségében, olyan szigetek ezek az egész mágneses anyagban, amelyeket sem a kristály eredeti, természetesen kitüntetett mágnesezési iránya, sem pedig a külső mágneses tér nem tud tökéletesen áthatni. Ilyen szigetek keletkezésére vezethetnek pl. a mágnesség terjedésének útjában álló egyszerű fizikai akadályok. Ezek még a látszólag legtökéletesebb szerkezetű kristályokban is jelen vannak. A domenek születésének eredetét is e jelenségben kereshetjük.

A *domeneket* mikroszkóppal *láthatóvá lehet tenni.* A ferromágneses kristályból vékony szeletet metszenek ki, mégpedig a könnyű mágnesezettségi irányra merőlegesen; a láthatóvátétel érdekében kihasználható az a jelenség, hogy e szeletnek azon területei, amelyek a kitüntetett mág-

neses iránynak megfelelő mágnesezettségűek, másképpen polarizálják a rajtuk áthaladó fénysugarat, mint azok a területei, amelyek ezzel ellentétes mágnesezettségűek (a domenek). Ha polarizáló szűrőt alkalmazunk, akkor a mikroszkópban a szelet mágneses szerkezetének megfelelő sötét és világos csíkokat fogunk látni. Amennyiben mind a kitüntetett mágnesezettségi iránynak megfelelő területeket, mind pedig az ellentétes mágnesezettségűeket domeneknek nevezzük, azt mondhatjuk, hogy a szomszédos domeneket határmezsgyék választják el egymástól. Ezeket *falak*nak nevezzük. Ezek a falak is különböző erők hatásainak kialakuló egyensúlya révén formálódnak olyanokká, amilyenek. Minél nagyobb az az erő (a kölcsönhatás ereje), amely az egész mágneses anyag mágneses momentumait ugyanazon mágnesezettségi irányba igyekszik beállítani, annál vastagabbá válik a domen fala. Ennek a falnak ugyanis mintegy az a rendeltetése, hogy minimálissá tegye azt a munkát, amely a domen saját külön elektrosztatikus terének fenntartásához, a független mágneses minibirodalom megőrzéséhez, azaz a domenen belül a vektoroknak a magnetosztatikus mezőnek megfelelő elforgatásához szükséges; e falnak minimálissá kell tennie azt a munkát, amellyel a magnetosztatikus tér szembeszáll mind a mágneses anyag természetes könnyű mágnesezési irányával, mind pedig a külső mágneses tér hatásával. Így e fal tulajdonképpen az energiaminimumra való törekvés alapvető természeti törvényének megfelelően jön létre. Minél nagyobb a domenen belül magának a magnetosztatikus térnek az ereje, a helyi anizotrópia, annál vékonyabb lehet a fal, hiszen annál kevésbé van szükség az „önállóság" védelmére. A fal képződése energiát emészt fel, és ez a körülmény a keletkezhető domenek számát korlátozza. A fal nem mindig az energiaminimum-helyzetnek megfelelően alakul ki, tekintettel arra, hogy a mágneses kristály szerkezeti hiányosságai, zárványai, lyukai, szennyeződései stb. erősen lokalizált magnetosztatikus mezőket hívhatnak életre, és ezek szembeszegülhetnek a fal képződésének folyamatával. (Lásd a 10. ábrát.)

Bizonyos feltételek között *henger alakú domeneket lehet kialakítani*, amelyek a külső körülmények változásainak elég széles tartományában is stabilisak maradnak, szilárdan fennmaradnak. Ha a kristályból kimetszett szeletet külső mágneses térnek tesszük ki, amelynek iránya merőleges a szeletre, akkor azok a domenek, amelyek a külső mágneses tér irányával ellentétes mágnesezettségűek, elkezdenek összehúzódni. Megfelelő külső teret kellő időn át alkalmazva, a szigetek kis, hengerpalásttal határolt terekbe húzódnak össze, amelyeket „*buborék*"-oknak neveznek. Ha



10. ÁBRA / MÁGNESES BUBORÉK (DOMEN)

a külső teret továbbra is fenntartják, akkor e henger alakú buborékok tovább zsugorodnak, míg végül eltűnnek. A kísérletek szerint a buborékok átmérője néhány mikron – néhány száz mikron – lehet, és általában akkor maradnak stabilisak, ha átmérőjük 1:3, vagy 1:4 arányban áll a hosszúságukkal, vagy ennél kisebb.

A domenek az „ellentétes" mágnesség tengerében nem álló, hanem „*úszó*" *szigetek*. Ha a kristályszelet felett mágneses tűt mozgatunk, akkor a buborékok engedelmesen követik a mágneses tű mozgásával kijelölt irányt. Így tetszőleges útvonalakra lehet őket kényszeríteni. Eközben a vonuló buborékok között megmarad az a távolság, amelyet a kölcsönös taszítás tart fenn közöttük: minthogy azonos mágnesezettségűek, egymást taszítják. *A mozgató erő* ilyenkor: az *inhomogén*, azaz a *változó erejű külső mágneses tér*. A domen oda törekedik, ahol a külső mágneses tér ereje gyengül. Ez ismét csak az energiaminimumra való törekvés általános törvényével függ össze: a domennek a gyengülő térben a sajátenergiája is csökken. A mozgatáshoz le kell küzdeni a domenfal összetartó erejét. Elmozdulásra csak akkor kerülhet sor, ha a mozgató térerősség-különbözet kétszer, háromszor nagyobb, mint a fal összetartó (helyben tartó) ereje. Ha a fal összetartó ereje (a koercitív erő), azaz a falon túli környezet mágnesezettségével ellentétes irányú mágnesség térerőssége a falon

belül nagyon nagy, akkor a leküzdésére is nagyon nagy erót kell fordítani, azaz a domenek mozgatásához nagy külső térerősség-különbözetre van szükség. Ez azonban arra vezethet, hogy maga a domen is felbomlik. Hogy a domen mozgatás közben stabilis maradjon, a *koercitív erőnek* bizonyos *határ alatt kell maradnia:* ez mintegy 0,1 Oe (oersted) körül van. Ha ennél kisebb koercitív erejű domeneket hoznak létre, ha a koercitív erőt a 0-hoz közelítik, akkor más módon ugyan, de szintén megbomlik a kristályszeletben a domenek stabilitása: a közöttük fellépő taszítóerő ellenőrizhetetlen mozgásokra kényszeríti őket.

Az ún. *ortoferrit* anyagok különösen alkalmasaknak bizonyultak mágneses buborékok előállítására. Az ortoferritek általában $RFeO_3$ összetételűek, ahol is R valamely ritkaföldfém-elemet képvisel. A belőlük készülő egykristályok az olvadék néhány hetes lehűlését követelik meg. Itt is nagy a selejtszázalék. Sok közül csak néhány kristály bizonyul éppen megfelelő nagyságúnak. Az egykristályt azután vékony korongokra szeletelik fel. *Különböző ortoferriteket vizsgáltak meg* abból a célból, hogy megállapítsák: melyikben *hány buborékot* lehet kialakítani, és melyikben *milyen sebességgel* lehet mozgatni e buborékokat. A kutatási cél nyilvánvalóan olyan anyag megtalálása, amelyben bizonyos optimum valósul meg a buborékok száma és a mozgatás sebessége között. Ha a buborékok száma igen nagy, de a mozgatási sebesség igen lassú, vagy fordítva: akkor ez az optimum távolról sem valósul meg. Példaként: azt tapasztalták, hogy az egyik anyagban rendkívül kicsi buborékok alakulnak ki, az átmérőjük nem haladja meg az 1 mikront, ami azt jelenti, hogy többször tízmillió fordulhat elő belőlük néhány négyzetcentiméternyi területen, de ebben az anyagban sokszorosan lassabban mozognak a buborékok, mint másban. Megint más anyagban a buborékok sebesen száguldanak, de olyan nagyok – az átmérőjük 25 mikron vagy még nagyobb –, hogy csak kevés sűríthető össze belőlük az egységnyi térben, minthogy a tapasztalat szerint két buborékot legalábbis 4–4 átmérőnyi távolságnak kell elválasztania egymástól ahhoz, hogy ne veszélyeztessék egymás stabilitását. Végül is találtak olyan anyagot, amelynek viszonyai megengedték, az optimum megközelítését: a buborékok átmérője 3 mikron körüli, mozgatásuk sebessége meghaladja a 100 m/s-et, azaz viszonylag kis felületen másodpercenként egymillió „buboréklépés"-t enged meg. Az ortoferriteken kívül más anyagokkal is kísérleteznek, így pl. a vas-boráttal, a gallium-ittrium-gránáttal és más gránátféleségekkel.

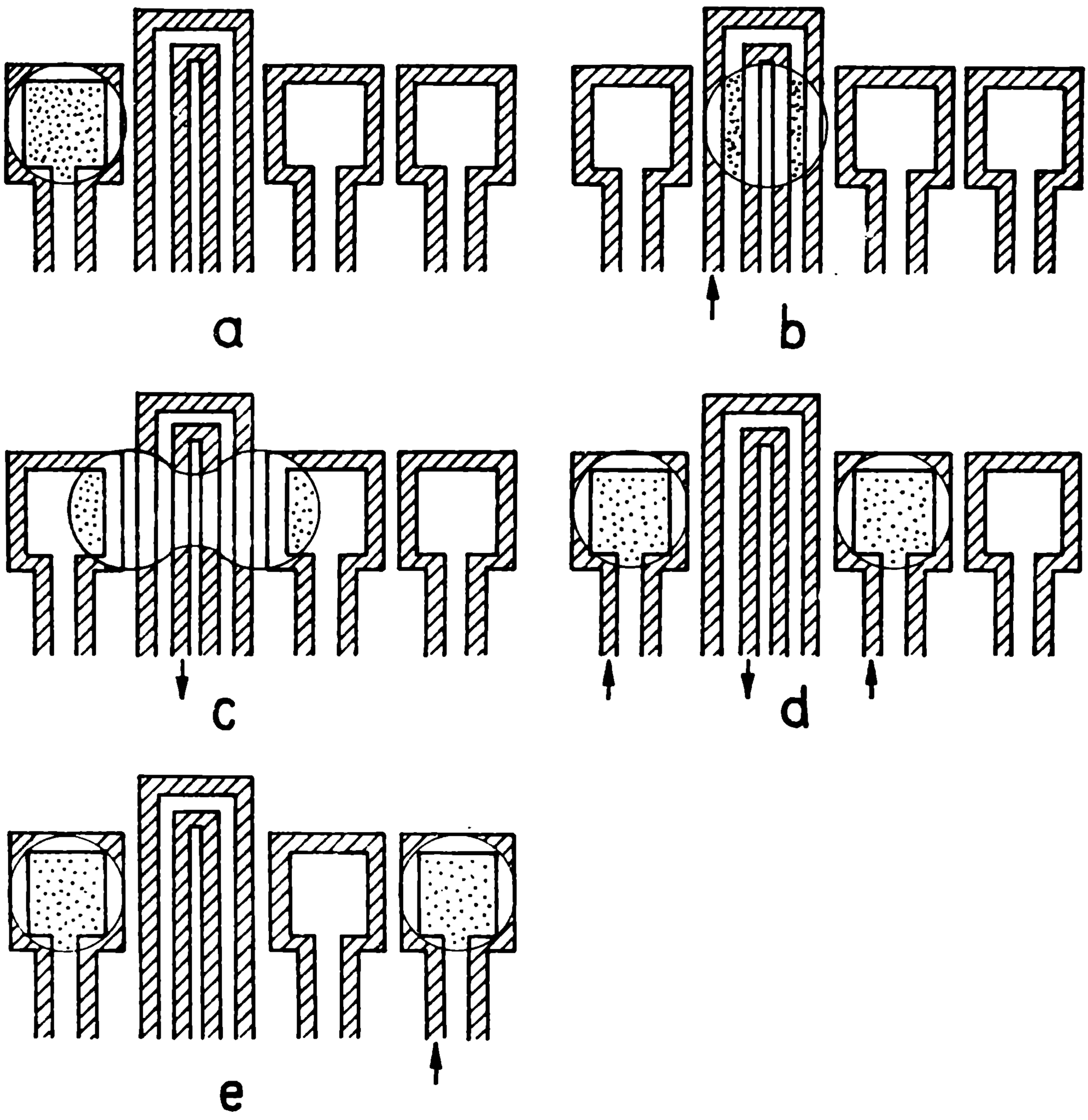
Amennyiben a buborékokat számítógéptárak előállítására kívánják felhasználni, akkor gondoskodni kell arról, hogy *ábrázolni lehessen* velük *az 1 és a 0 számjegyeket*, és ezen ábrázolást mozgásuk közben is megőrizzék, illetve az ábrázolásról csak utasításra mondjanak le. Először „pipeline" (olajvezeték) módszerre gondoltak: ha egy korong-kártyán (síkban) pozíciókat jelölnek ki, akkor egy-egy pozícióban a buborék jelenléte megfeleltethető 1-nek, hiánya pedig 0-nak. Ámde egy ilyen síkot külső mágneses tér segítségével úgy lehet áthajtani valamely vezetéken, mint az olajat a csövön. Megfelelő olvasófejek eközben érzékelhetik, hogy az alattuk átszáguldó korong mely pozíciójában van 1 és mely pozíciójában 0. Laboratóriumi kísérletek során másodpercenként több százezer bites mozgatási sebességet értek el ezzel a módszerrel. Ámde az ilyen „olajvezeték"-eket csak a nagyon gyors beírásra vagy kiolvasásra találták alkalmasnak, viszont a különböző „olajvezetékek" között nem tudtak olyan összeköttetéseket teremteni, amelyek az információfeldolgozás más műveleteivel teremthettek volna kapcsolatot. Emellett ezeknek az „olajvezetékek"-nek túlságosan nagyoknak kellett volna lenniük.

Sokkal több eredményt értek el a domenek *síkban történő mozgatásával*. A mozgatáshoz szükséges energiát kétféle módon biztosíthatják: vagy *áramvezetők révén*, vagy pedig *rezgő, illetve forgó mágneses térrel.*

Amennyiben mágneses teret alkalmaznak, az egyik módszer abban áll, hogy *periodikusan növelik és csökkentik a mágneses térerősséget* úgy, hogy a buborékok ennek megfelelően hol összehúzódjanak, hol pedig kiterjedjenek. Magában a mágneshártyában „energiacsapdá"-kat alkalmaznak, pl. vékony permalloy lemezből készült *nyilakat*. Amikor a buborék a legnagyobb kiterjedésű, akkor valamely nyíl hegyén helyezkedik el. Ha a külső mágneses tér erősségét növeljük, akkor a buborék összehúzódik, amikor a térerősséget ismét csökkentjük, a buborék kiterjed, és eléri a legközelebbi nyílhegy felületét. Az újabb összehúzódás már ennek az új nyílhegynek a felületén történik: a buborék átugrott erre a nyílhegyre. A mágneses mezővel történő ellenőrzés másik módja abban áll, hogy ugyancsak permalloy vékonyrétegből készített *T alakokat és függőleges rudakat* visznek föl a hártyára. Amikor a mágneses teret forgatják, ténylegesen minden pillanatban más-más irányt vesz föl a vektora. Így a vektor periodikusan párhuzamossá válik a *T* betű függőleges vagy vízszintes szárával, illetve a különálló függőleges rudakkal. Ha a mágneses erőt az óramutató járásával egyezően forgatják, akkor mindannyiszor *ugrik egyet a buborék*, *valahányszor* a külső mágneses *tér iránya ilyen pár-*

huzamosságot mutat. Ilyen módon a buborék mindig jobbra-jobbra léptethető. Miközben a mágneses tér egyszer körülfordul, a buborék elvándorol az egyik *T* betűről a másik *T* betűre. Ha a mágneses tér százezerszer fordul körül másodpercenként, akkor ezzel a módszerrel százezer bites adattovábbító sebességet érhetünk el.

A vezetékes ellenőrzés esetén fotolitográfiás technikával *vezetékeket* visznek föl a mágneshártyára. Ezekben *alakzatok is* vannak, amelyeknél a „hurok" megfelel egy-egy buborék átmérőjének. Ha erre a hurokra áramimpulzust adunk, mágneses tér keletkezik benne, amely elegendő ahhoz, hogy a szomszédságában levő buborékot magához vonzza. Ha a szomszédos hurkokkal sorban impulzusokat közölnek, akkor a buborék lépkedni fog rajtuk.



11. ÁBRA / BUBORÉKOK (DOMENEK) KETTÉOSZTÁSA ÉS LÉPTETÉSE HAJTŰSZERŰ VEZETŐ SEGÍTSÉGÉVEL

Vezetékes ellenőrzés esetén *új buborékok előállítására* is van mód. *Hajtűszerű vezetőt* szerelnek be a hurokba. Ha a hajtűt olyankor látják el elektromos impulzussal, amikor a buborék éppen a hurokban ül, a buborék kiterjed, és végül, egy kritikus nagyságon túl kettéhasad. Az így keletkező két fiabuborék taszítani fogja egymást, ennek következtében az egyik az őket szülő huroktól balra levő hurokra ugrik, a másik pedig a jobbra levőre. (Lásd a 11. ábrát.)

Mágneses térrel történő ellenőrzés esetén is van mód új buborék előállítására. Itt a *buborékgenerátor* permalloy lemez, amelyen mindannyiszor mágneses buborék keletkezik, valahányszor a forgó mágneses tér iránya megfelelő. Ez a buborék is kettéhasítható, és az így kialakított buborékok külön-külön mozgathatók.

Hasonló módszerekkel lehet megoldani a *buborékok késleltetését, visszatartását, irányváltoztatását stb. Kiolvasás* céljaira olyan *érzékelőt* lehet alkalmazni, amely *a mágneses ellenállás* elvén alapul. Amikor a buborék erre az érzékelőre – permalloy kapcsolóra – ér, akkor e kapcsoló ellenállása csökken, aminek következtében kimenő jel keletkezik. Ez a kimenő jel jelzi azt, hogy buborék volt jelen. A permalloy kapcsoló ellenállása valamely elektromos árammal szemben a szinuszgörbe szerint változik annak megfelelően, ahogyan a buborékokat mozgató mágneses erő forog. A buborék jelenléte: csökkenti ennek a szinuszosan változó ellenállásnak az erejét.

Minthogy a buborékmemóriákban ilyen „rugalmasan" lehet mozgatni, szaporítani, gerjeszteni a buborékokat, ezért elvileg ezekben a memóriákban *nemcsak tárolni* lehet az információkat, hanem *feldolgozni is.*

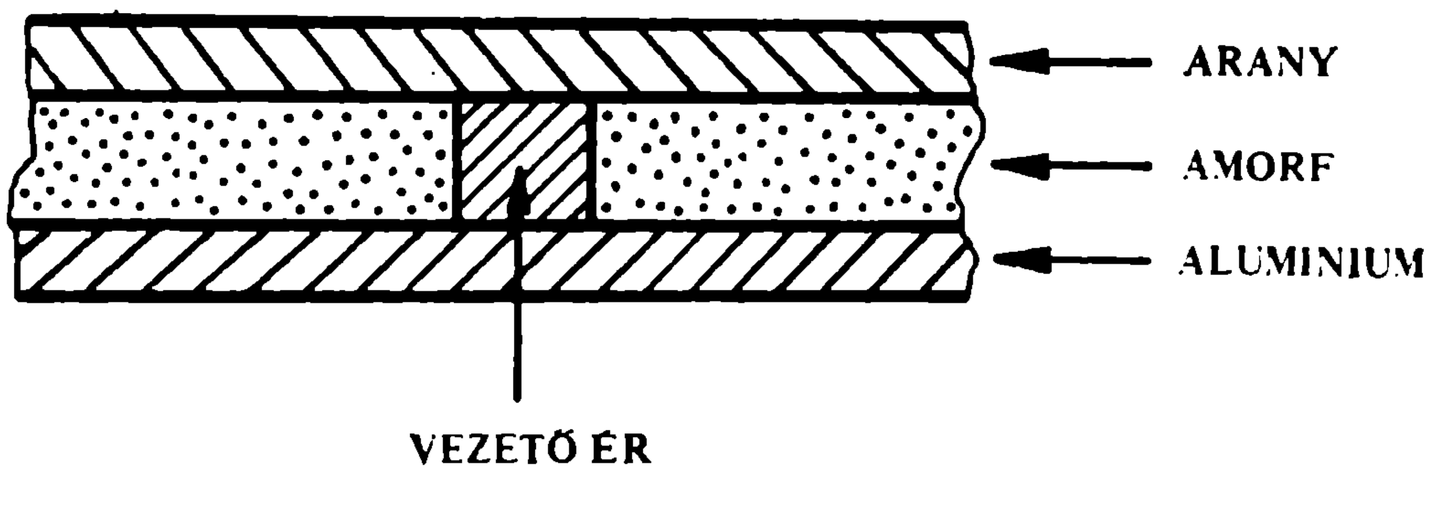
Magyarországon is kutatják a buborékmemóriákat. Az MTA *Központi Fizikai Kutató Intézetében* alapvető kísérleteket folytatnak velük.

Amorf félvezető

Az amorf félvezető memóriákban a tárolási lehetőség olyan jelenségen alapul, amelyet régóta ismernek *(Ovshinsky*, 1913). Eszerint, ha egyes amorf anyagokra elektromos feszültséget bocsátunk, akkor a feszültség egy bizonyos kritikus értékénél elektromos ellenállásuk hirtelen lecsökken, és míg ezen az értéken alul rosszul vezetik az elektromos áramot, ezen az értéken felül jól vezetik. Az amorf (alaktalan) anyag nem kristályos szerkezetű szilárd anyag, ilyen pl. az üveg vagy a bitumen. De ilye-

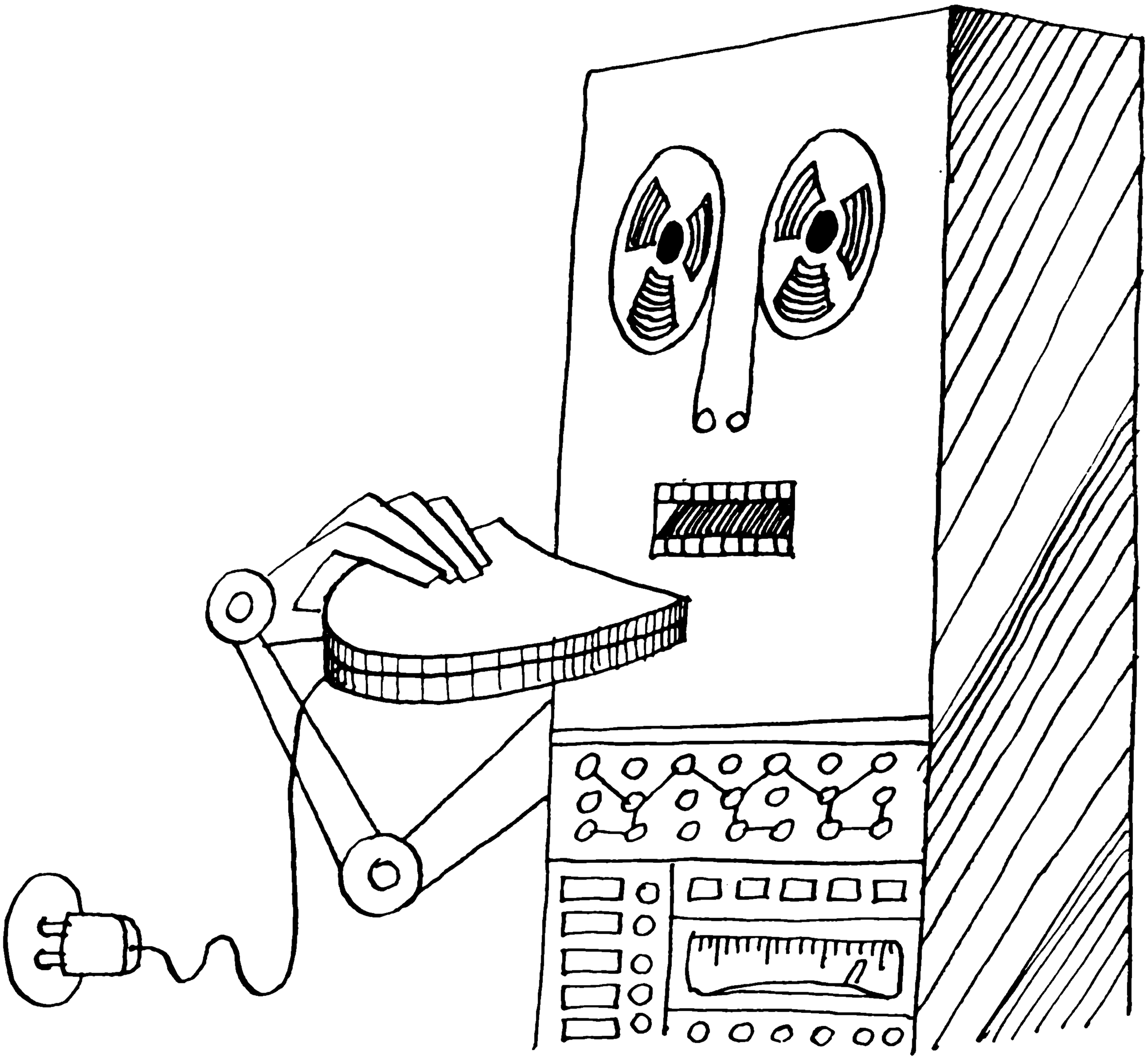
nek a műanyagok is. Az amorf anyagokban tehát nem található meg az a tér-geometriai szabályos rend, amely a kristályos szerkezetű anyagokat jellemzi. Az amorf anyagok *elektromos ellenállása vagy igen kicsi*, mindössze néhány ohmnyi, *vagy igen nagy*, néhány millió ohmnyi.

Az amorf memória olyan „*szendvics*", amilyennel már korábban megismerkedtünk, amikor az integrált áramkörökről tárgyaltunk: az amorf réteg alumínium és aranyréteg között helyezkedik el. Amikor erre a szendvicsre elektromos feszültséget kapcsolunk, akkor az elektromos ellenállása kezdetben igen nagy, tehát nem, vagy alig folyik át rajta áram. Amikor *a feszültség eléri a „küszöbérték"-et, az áthaladó áram* hirtelen megnövekszik, a korábbi állapottal szemben többször tízezres vagy éppen százezres a szorzószám. Ugyanakkor maga az elektromos *feszültség* hirtelen *lecsökken*. Ha ilyenkor a feszültséget megszüntetjük, a *szendvics* megmarad ebben *a „vezet" állapotban*. Ámde bármikor *átlökhető* a „nemvezet" állapotba, valamely nagyon *rövid* időtartamú, nagyon *nagy feszültségű áramimpulzussal*. Ennélfogva a szendvics olyan memóriaelemként alkalmazható, amelybe 1-et lehet beírni azáltal, hogy a küszöbfeszültségnél nagyobb feszültségű áramot kapcsolunk rá, és 0-t lehet beírni nagyfeszültségű rövid áramimpulzussal. A *kiolvasás* úgy történik, hogy a szendvicsre kisebb feszültségű impulzust adunk, mint amekkora a kritikus küszöbérték. Ha az olvasóvezetéken ekkor áram jelenik meg, ez annak a jele, hogy a szendvics a „vezet" állapotban van; ha az olvasóvezetéken ilyenkor nem jelenik meg áram (illetve csak gyenge áram jelenik meg), ez annak a jele, hogy a szendvics 0-t őrzött.



12. ÁBRA / MEMÓRIA-SZENDVICS

Hogy *miért változik meg a szendvics ellenállása ugrásszerűen* az áramimpulzusok hatására, arra vonatkozóan jelenleg különböző elméleti magyarázatok léteznek, ezek helyességét vagy érvénytelenségét jelenleg bizonyítani nem tudják. A legvalószínűbbnek az tűnik, hogy amikor az



áramimpulzus eléri a küszöbfeszültséget, akkor a szendvicsben, a környezetben *kristályosodás* történik, áram*vezető csatorna* keletkezik. Ezen a csatornán áram folyik át, és melegíti a környező anyagrészeket. Ebből eredően az a hajszálerecske, amely a küszöbfeszültség hatására eredetileg keletkezett, kiszélesedik, a kiszélesedett csatornán erősebb áram folyik át, ez mindinkább felmelegíti a környezetét, aminek következtében a kristályos szerkezet tere bővül, a csatorna tovább szélesedik: vagyis egy önmagát erősítő folyamat áll be. Így következik be a küszöbfeszültség hatására az „1" állapot, a „vezet" állapot. Ugyanezen feltevés szerint a rövid ideig tartó nagyfeszültségű áramimpulzus hatására a vezető csatorna megolvad, ezt követően pedig oly gyorsan hűl le, hogy eközben kristályosodásra nem képes: a vezetőcsatorna megsemmisül, beáll a „nem vezet", a „0" állapot.

Más magyarázat szerint a küszöbfeszültség elérésekor a szendvicsre kapcsolt két elektródról *elektronok vagy fémionok szakadnak le*, ekkor ugyanis az elektromos térerősség – amely a feszültséggel egyenes, az elektródok közötti távolsággal fordított arányban áll – olyan naggyá válik, hogy megmozdítja az elektromos töltéseket mindkét oldalon. Ennél kisebb feszültségen ez nem következhet be, minthogy az anyag – nem kristályos – szerkezete gátolja az elektronok és az ionok mozgását, az elektromos térerősség pedig nem elégséges ennek az akadálynak a leküzdésére.

A szendvicsekre felvitt memóriaelemekből *társíkokat* állítanak össze. A memóriaelemekhez ez esetben is mátrixszerűen vezetik azokat az „*x*", illetve „*y*" huzalokat, amelyekkel „meg lehet őket címezni". Az „*x*" és az „*y*" huzalok egymás fölötti síkokban helyezkednek el, egy-egy memóriaelem pedig egy-egy „*x*" és egy-egy „*y*" huzal látszólagos metszéspontjában helyezkedik el. A memóriaelemeken belül egy-egy függőleges vezetékű elektróda vezet az „*y*" és egy-egy vízszintes vezetékű elektróda az „*x*" vezetékhez. Ilyen elrendezés esetén azonban „megtévesztő" áramok is hathatnának: egy-egy impulzus nemcsak a megadott „*x*–*y*" cím memóriaelemét billenthetné át, hanem a szomszédságában levő memóriaelemeket is. Ezért minden egyes memóriaelemet dióda egyenirányítóhoz kapcsolnak, amely csak az egy irányban folyó áramot engedi át, az ellentétes irányút nem. Ezzel védekeznek a „megtévesztő" áramok ellen.

Az amorf rétegeket a legtöbbször kalkogén (oxigéncsoportba tartozó) elemekből (oxigénből, kénből, szelénből, tellurból), illetve ezek más elemekkel alkotott vegyületeiből, ún. kalkogenidekből – pl. kalkogénekből és arzénből, germániumból, antimonból, talliumból álló vegyületekből – készítik. Az MTA Központi Fizikai Kutató Intézetében arzénből, germániumból és tellurból álló kalkogenid üveget használtak fel amorf félvezetők készítésére.

„Csak olvasható!" – „Főleg olvasható!"

Az amorf félvezető tárakat gyakran alkalmazzák ún. „*read only*" („csak olvasható!"), pontosabban: „csak végrehajtás céljából olvasható!" és „*read mostly*" (*„főleg olvasható"*) memóriák készítésére. A csak olvasható memória: olyan tár, amelyet – amint a neve is mutatja – kizárólag olvasásra szánnak. Az információk beírása csak egyszer történik meg, a

számítógép tényleges programfutási idejét megelőzően, s amikor a program a számítógépben fut, akkor csak ezeknek az információknak a kiolvasására kerül sor. Az amorf félvezetőknek ilyen jellegű alkalmazása azért bizonyult célszerűnek, mert noha beírásuk relatíve hosszú ideig tart, de a kiolvasásuk viszonylag nagyon rövid idő alatt futhat le. A beírást az a leghosszabb időtartam határozza meg, amely az egyik állapotból a másikba való átlökéshez még szükséges lehet: ez ebben az esetben tizezred másodperc nagyságrendű. Ez óriási időtartam ott, ahol nanosecundumokban, azaz a másodperc milliárdodnyi részeiben kell számolni, ahogyan ez a folyamat egy nagy teljesítményű számítógépben lezajlik. Ezzel szemben a kiolvasási idő a mikrosecundum tizedrésze, egytized milliomod másodperc. Ugyanilyen okokból bizonyult célszerűnek az amorf félvezetőnek a „főleg olvasható" tárak céljára való fölhasználása is; amíg a „csak olvasható" memóriák „át nem írhatók", azaz az egyszer beírt információk nem törölhetők belőlük, az egyszer beírt információk újakkal fel nem cserélhetők bennük, a „főleg olvasható" memóriákban mód van az „átírásra", azaz a régi információk törlésére, új információk beírására.

Az ilyen jellegű memóriákat olyan utasításblokkok rögzítésére szokták szánni, amelyek egy vagy több program összetevőjeként mindig ugyanúgy ismétlődnek. Hogy néhány példát említsünk az ilyen összefüggő, ismétlődő utasításhalmazokra: ilyenek fordulnak elő pl. repülőgépek fedélzeti számítógépeiben, ahol a tájolók stb. változó adataiból mindig ugyanolyan műveletekkel kell kiszámítani a motoroknak küldendő parancsokat; szerszámgépek számítógépes vezérlésében, ahol pl. egy-egy szerszámcsere mindig ugyanúgy ismétlődő utasítások hatására történik stb. Általános célú számítógépekben igen sokszor fordul elő ugyanazon matematikai műveletsorozatok más-más adatokkal történő végrehajtása, ugyanolyan táblázatok más-más adatokkal való megtöltése stb.

A lézer

Emléknyomok tárolására felhasználhatók a *lézersugarak* is. E ponton – ha e technikával ismeretséget kívánunk kötni – új világba lépünk be, amely sokkal tágasabb, mint amekkorában a lézermemória fogalma eltérne. Ezért néhány szót kell szólnunk arról, mi is maga a lézersugár.

A lézer egyszínű fény, amely *koherens* hullámokban terjed. Egyszínű,

vagyis *monokromatikus:* ami azt jelenti, hogy a sugárban haladó minden foton csaknem kizárólag azonos hullámhosszúságú. Koherensek a hullámok: ezt úgy kell értenünk, hogy az egymás mellett haladó sugarak hullámai „lépést tartanak", mindig azonos fázisban vannak, egyszerre képződik rajtuk a hullámhegy, a hullámvölgy, egyszerre képződnek rajtuk a közbülső fázisok is. Miben különbözik ez a közönséges fénytől? A közönséges nátriumlámpából kilépő fénysugarak egyrészt nem monokromatikusak, azaz különböző hullámhosszúságú (frekvenciájú) fotonokat tartalmaznak, másrészt inkoherensek, azaz az egymás mellett haladó sugarak hullámhegyei és hullámvölgyei más-más időpontokban keletkezhetnek. A nátriumlámpában a különböző atomok az elektromos áram hatására különböző időpontokban bocsátanak ki fényenergiát, fotonokat, ebben bizonyos rendezetlenség érvényesül. Egy-egy, az elektromosság által gerjesztett atom mintegy százmilliomod (tíz nanosecundum) idő alatt bocsátja ki fotonját. Így, ha a nátriumlámpa fényét egy századmilliomod másodpercnyi időtartamon belül vizsgálnánk, akkor ebben a fénysugárban is észlelhetnénk bizonyos koherenciát, vagyis olyan fotonokat figyelhetnénk meg, amelyeknek közös a hullámfrontja, amelyeknek a hullámhegyei, hullámvölgyei stb. egyszerre képződnek. Ha azonban ennél hosszabb időn át folytatnánk a megfigyelést, akkor már inkoherenciát, összevisszaságot kellene tapasztalnunk. Hogy ilyen rendezetlenséget mégsem veszünk észre, holott a közönséges nátriumlámpák fénye minduntalan elénk tűnő látvány, annak az az oka, hogy itt oly rövid időközökről van szó, amilyeneket az emberi szem érzékelni nem tud. Ám a valóságban villanylámpáink, köztük nátriumlámpáink fénye nagyon zavaros hullámvonulatokban terjed a gömb alakú tér minden irányába. Tulajdonképpen koherens, egymással lépést tartó hullámvonulatok a nátriumlámpából is kilépnek, viszonylag hosszabb időn át is, minthogy itt is lejátszódik az „*indukált fotonemisszió*" jelensége, ami a lézerfény koherenciájának is az alapja, ez esetben azonban ez a jelenség oly jelentéktelen nagyságú, hogy elvész az inkoherencia tengerében.

De mi is ez az indukált fotonemisszió, ami a lézersugárzást koherenssé teszi? Ez nem más, mint a gerjesztett atomoknak a „normális", azaz gerjesztetlen állapotba való tömeges visszatérése, amit mesterségesen idézünk elő. Az indukált fotonemisszió ebben különbözik az ún. spontán fotonemissziótól. A *spontán fotonemisszió* során az atom, amely valamilyen módon gerjesztett állapotba került, visszatér a magasabb energiaszintű állapotból a normális, gerjesztetlen, alacsonyabb energiaszintű

állapotába, megszabadul a fölös energiától, és foton alakjában kisugározza azt. Ez itt bizonyos, semmi által nem kurtított időtartamot igényel. Ha a gerjesztett atom valamilyen módon összetalálkozik egy olyan fotonnal, amelynek energiája éppen akkora, amekkorától ő maga megválni készül, akkor idő előtt megválik a saját fölös energiájától, idő előtt fotont bocsát ki, vagyis „koraszülés" megy végbe. Az indukált fotonemisszionál annak a lehetőségét teremtik meg, hogy gerjesztett atomok tömegesen találkozhassanak fotonokkal. Ha pl. visszaverő tükröket helyeznek el, amelyek között a fotonok ide-oda vándorolhatnak, akkor a fotonokat e reflektáló felületek között való ide-oda vándorlásra kényszerítik, s ezzel megnövelik az atomok és a fotonok találkozásainak a gyakoriságát, ami ismét csak a cikcakkban futó fotonáramok felerősödéséhez, ez viszont az atom-foton ütközések számának újabb növekedéséhez stb. vezet, vagyis önmagát erősítő láncreakciós folyamat jön létre.

Ha ilyenkor a két reflektáló tükör közül az egyik átlátszó rést tartalmaz, akkor ezen át nagy amplitúdójú, koherens fénysugár lép ki. Ez a fénysugár a résnek megfelelő vékonyságú, határai élesek. Ez a fénysugár igen kis területre összpontosítható. A lézersugár széttartása több tízkilométeres távolságban sem nagyobb, mint egy tányér, és amint a lézertechnika fejlődik, úgy zsugorodik ennek a tányérnak a nagysága. Ez egyrészt azzal jár, hogy igen nagy energiákat lehet e kis felületekre rávinni – a fókuszált energiasűrűség 100 MW/cm² nagyságrendű értéket érhet el, vagyis tízezerszer és több tízezerszer akkora sűrűséget, mint amekkorát a napsugarakkal állíthatunk elő, másrészt azt is lehetővé teszi, hogy a lézersugarat egy pontszerű felületre irányítsuk, ami abban az esetben, ha a lézersugarat az információtárolásnál alkalmazzuk – amint arról alább még szó lesz – eléggé meg nem becsülhető előny.

Ma már rendkívül *sokfajta lézert* ismerünk. Az alapelv, amely működésüket meghatározza azonos, a technikai kivitel azonban rendkívül változatos. A rubinlézer alapja egy rubin-egykristály (króm-oxiddal szennyezett alumínium-oxid-kristály), amelynek kristályrácsában minden kétezredik alumíniumion helyén krómion helyezkedik el. A rubinrúd közelében villanólámpa működik, amelynek villanásai indukált fotonemissziót idéznek elő a kristályban. A szennyező krómionok ilyenkor fotonfotonokat bocsátanak ki. A fotonok spontán módon minden irányban szétrepülnek, egy részük azonban a rubinkristály tengelyével párhuzamosan kezd cikázni ide-oda, és mind gyakrabban találkozik krómionokkal, mind gyakrabban készteti őket fotonok kibocsátására. A fotonokat erre a ten-

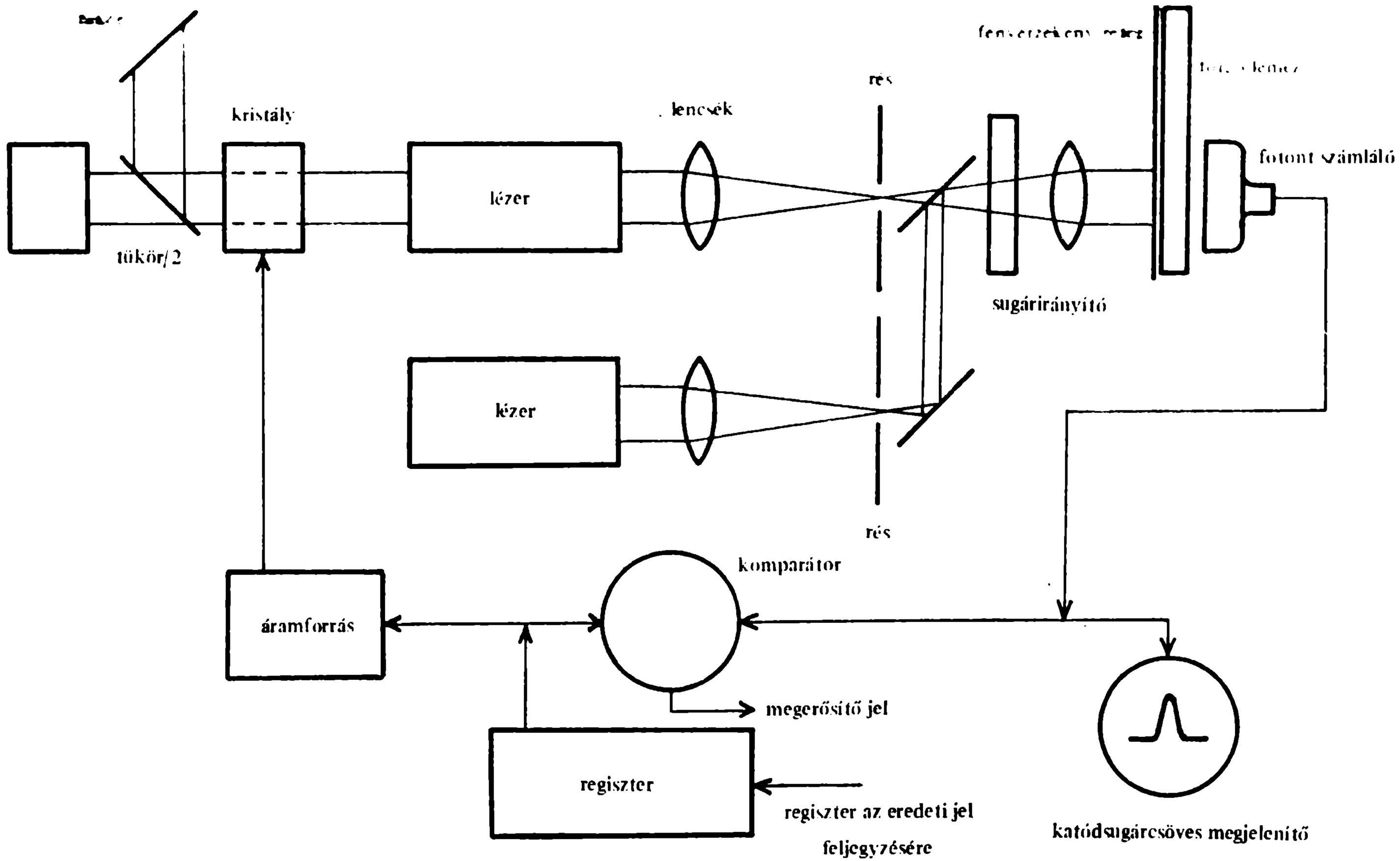
gellyel párhuzamos utazásra az kényszeríti, hogy a rúd két, lecsiszolt végét beezüstözték, egyiket erősebben, másikat gyengébben, és az ezüstözött felületek reflektálják őket. Amikor ez az önmagát erősítő folyamat elég nagy amplitúdójú sugarat hoz létre, a rúd gyengébben ezüstözött végén ez kilép: megjelenik a lézersugár.

A gázlézerekben rendszerint kétféle gázt helyeznek el keverékként. Az egyik az energiát szolgáltatja, a másikban zajlik le a tulajdonképpeni indukált fotonemisszió. Az energiát szolgáltató gáz atomjait elektromos árammal gerjesztik. Ezek az atomok így gerjesztett állapotba kerülnek, foton kibocsátására azonban nem képesek, ehelyett nagy energiával ütköznek neki a második fajta, az „emissziós" gáz atomjainak. Ez utóbbiakat gerjesztik, s ezek valóban fotonokat bocsátanak ki. Ilyen gázlézereket állítanak elő pl. hélium és neon keverékéből. Az ilyen gázlézerekben elvileg két vagy több, egymástól eltérő hullámhosszú (frekvenciájú) koherens lézersugár is előállítható. Megtörténhet ugyanis, hogy az emissziós, a fénykibocsátó gáz atomjai előbb a magasabb energiaszintről valamely alacsonyabb energiaszintre szállanak le, és ennek megfelelő fotont bocsátanak ki, majd erről az újabb energiaszintről még alacsonyabb energiaszintre süllyednek, és ennek megfelelő fotont bocsátanak ki.

Megint más lézerek ugyanúgy az „elektroncsapdák" elvén működnek, mint ahogy a félvezetők, a tranzisztorok esetében tapasztalhattuk. Ilyen pl. a gallium-arzenid lézer. A gallium-arzenid lézerben részben szabad elektronokat, részben pedig „lyukakat", azaz pozitív töltésű elektroncsapdákat találunk, amelyek megfelelő körülmények között képesek magukhoz ragadni az elektronokat. Ezek az elektroncsapdák: szennyező cinkatomok. Ha a gallium-arzenid lézeren bizonyos küszöbértéken (10 000 A/cm^2) felüli áramot vezetünk át, akkor a pozitív töltésű lyukak, elektroncsapdák magukhoz ragadják az elektronokat. A csapdákba zuhanó elektronok gerjesztett állapotúvá válnak, és hogy ettől az állapottól megszabaduljanak, fotonokat bocsátanak ki (8370 Ångström hullámhosszúságú, vörösön inneni sugarat).

Tárolás lézerrel

Ha az ilyen *lézersugarat tárolásra*, emléknyomok „belövésére" kívánjuk felhasználni, akkor meg kell oldani a *pontos irányítását*. Erre többféle technikai eljárást dolgoztak ki, ezek egyike a *prizmák segítségével* történő



13. ÁBRA / LÉZERES BEÍRÓ BERENDEZÉS

irányítás. A prizma oldalára piezzoelektromos tulajdonságú keramikus lemezt szerelnek. A piezzoelektromosság lényege – amint ismeretes – az, hogy elektromos áram hatására megváltozik az anyag térfogata – illetve megfordítva, az anyag térfogatának a megváltozása elektromos feszültséget kelt. Ha a prizma oldalára szerelt keramikus lemezre elektromos feszültséget bocsátanak, a lemez kiterjed, ennek eredményeként a vele összeköttetésben álló üveglapocska elhajlik a prizmától, minek folytán megváltozik a prizma törésmutatója, vagyis megváltozik a prizmán átbocsátott fénysugár útja. Ilyen módon a keramikus lemezre bocsátott feszültségek megválasztásával nagyon pontosan kiszabható a lézersugár iránya.

A lézersugarak irányítása ún. *száloptikákkal* is történhet. Ezek igen vékony üvegcsövek, illetve üveggel bélelt csövek, amelyeknek a visszaverő felületeit úgy alakítják ki, hogy a fény éppen a csövön haladjon át. Egy-egy ilyen száloptikában úgy „haladhat" a fény, mint ahogy a víz vagy az olaj folyik a csővezetékben. Száloptikával elvileg valamely berendezés bármelyik két pontja összeköthető.

Mind a piezzoelektromosságon alapuló fényeltérítő rendszereket, mind pedig a száloptikákat szüntelenül fejlesztik. Így kiépítettek több prizmás, több lapocskás eltérítő rendszereket, amelyeknek a révén ún. több fokozatú fényeltérítő generátorokat kaptak. Ezek segítségével igen kis felületre több ezer fénypontot tudnak rálőni. A száloptikákat – ezeket a lézersugár számára kiépített védett utakat, fénykábeleket – gázzal töltik, alacsony nyomáson, ilyen módon távol tartják belőlük a levegőt, a vízgőzt. A csatornában alkalmazott lencséket, visszaverő felületeket finomítják, kombinálják. Prizma segítségével több lézersugarat is összegyűjtenek egy-egy száloptikába.

Ha már tudjuk irányítani a lézersugarat, akkor nincs akadálya annak, hogy tárolásra, emléknyomok feljegyzésére felhasználjuk. Ennek egyik módja az, hogy a lézersugár segítségével: *fényképeznek*. Ilyen módon állítják elő a „photostore" memóriákat. Itt a lézersugár – amelyet piezzoelektromos kerámialapka, illetve prizma segítségével irányítanak – fekete-fehér négyzet alakú foltokat fényképez rá valamely lemezre; hogy a tévedéseket elkerüljék, a biztonságot növeljék, minden bitet – a 0-át is, az 1-et is – két-két kockával jelölnek: a fekete-fehér vagy a fehér-fekete kombinációval. Másként egy-egy sorozat 1 vagy 0 feljegyzésénél hosszú fehér vagy hosszú fekete csíkok keletkezhetnének, és az összeolvadás zavarokat okozhatna. Az információk feljegyzését automatikusan ellenőr-

zik. Amikor a lézersugár áthalad a fényérzékeny rétegeken, behalad egy fotont számláló csőbe, és egy katódsugárcsöves megjelenítőn láthatóvá teszi a jelet. A sugár egy másik eltérített része összehasonlító berendezésbe, „komparátorba" fut be, amely összeveti az eredeti sugarat vezérlő elektromos jellel, és megállapítja, vajon megfelel-e annak vagy sem. Az ilyen lézersugaras fényképezés esetében igen kis időtartamú, tíz nanosecundumnyi impulzusokat kell 10 000 V-os vagy hasonló nagyságrendű feszültséggel az irányító kristályra bocsátani azért, hogy igen gyors irányítást, fényeltérítést érjenek el, és magának a fényképezésnek is rendkívül gyorsan kell lezajlania.

Lézersugarakkal elvileg fotokróm memórialemezekre is rá lehet fényképezni emléknyomokat. A fotokróm mintegy háromezred milliméter átmérőjű tokocska, kristályrészecske, amely olyan olajban fürdik, amelyet zselatinnal és más kolloidok oldatával kevernek össze. Az olajat felkenik valamely szilárd felületre, s így a fotokróm tokocskák ezen a szilárd felületen helyezkednek el. Ha egy-egy ilyen fotokróm tokocskára kék fényt bocsátanak, akkor kékre színeződik, ha sárga fényt bocsátanak rá, elszíntelenedik. A fotokróm így két jól megkülönböztethető állapotban lehet, az egyikhez az 1-et, a másikhoz a 0-t rendelhetjük. Itt jelentékeny nehézséget okoz annak megoldása, hogy a fénysugár kizárólag a megcímzett tokocskát érje el, és ne fessen kékre, illetve ne színtelenítsen el más szomszédos tokocskákat, vagyis ne állítson elő zavaró jeleket.

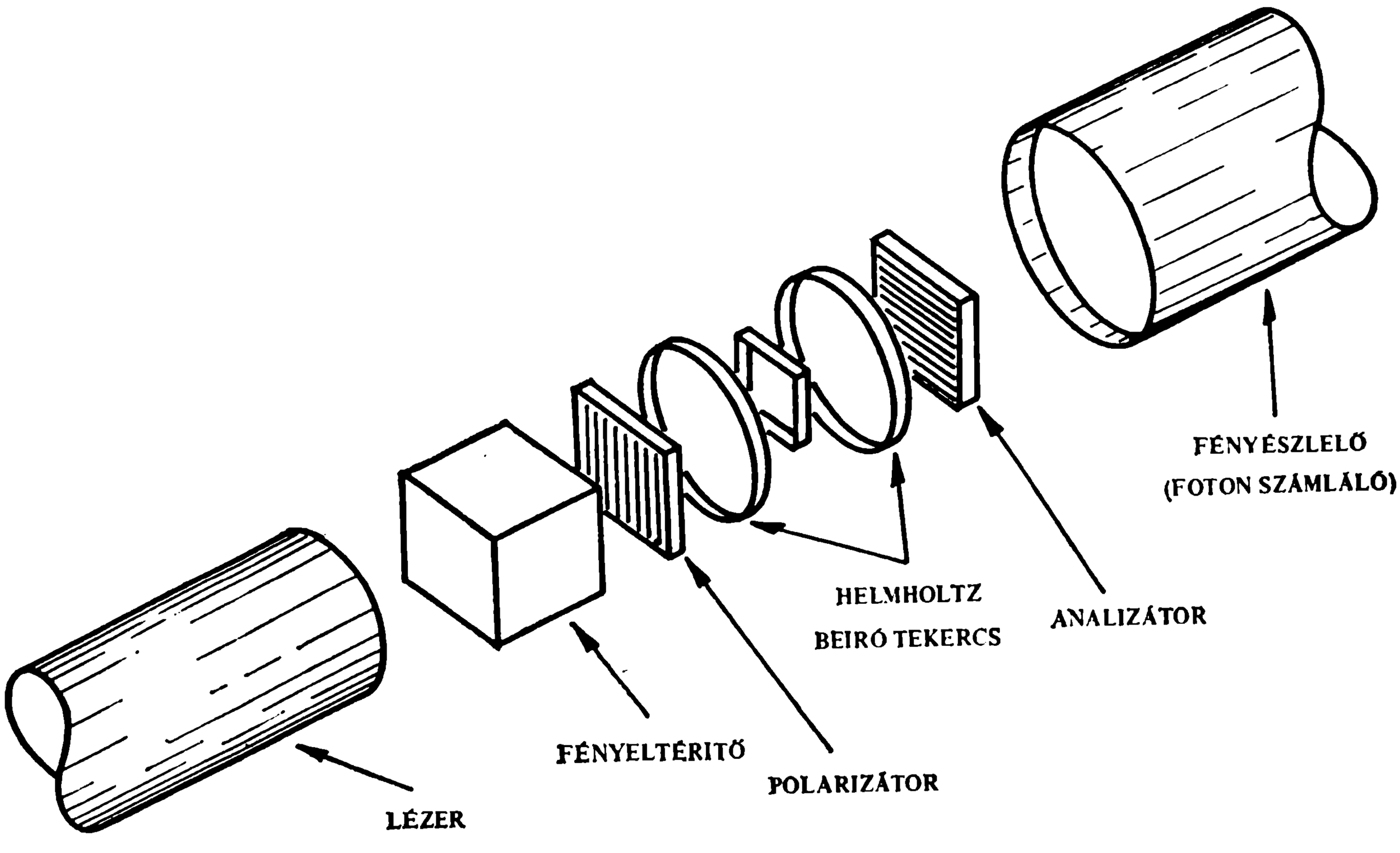
A lézersugár segítségével a rendes lyukszalag tároló lyukai is előállíthatók: lézersugarakat lövellnek rá azokra a pozíciókra, amelyeket ki kell vetni. Ezzel az eljárással sokkal gyorsabb adatbeírás érhető el, mint a hagyományos szalaglyukasztó berendezések segítségével.

Nem a fényképezéssel és égetéssel történő *adattárolás* sűrűségét illeti, a fénysugarat olyan folttá lehet fókuszálni, amelynek az átmérője közel van a fény hullámhosszához. Kiszámítható, hogy ha pl. 1 mikron az alkalmazott lézersugár hullámhossza (ez közel van a vörösön inneni tartományhoz), akkor négyzetmilliméterenként több mint százezer fényfolt helyezhető el. Laboratóriumi eljárás során gyufaszál fejnél kisebb térségben 131 072 fényfoltot zsúfoltak össze, és az említett piezzoelektromos lapkaeltérítés módszerével valamennyi fényfoltot külön-külön meg tudtak címezni a kiolvasáskor is. Amennyiben nagy fényérzékenységű filmet használnak fel adattároló közegként, ennél nagyobb tárolási sűrűség is elérhető.

Argonlézersugarat bocsátottak rá egy speciális lemezre, s azon 1 mik-

ron átmérőjű lyukakat égettek vele. Itt minden lyuk 1-et, a pozícióban a lyuk hiánya 0-át reprezentált, a tároló pozíciók között 5 mikrométeres térközök voltak. Ilyen módon egy 8 cm × 80 cm-es fóliafelületen 10 mágnesszalagtekercs információtartalmát tudták rögzíteni, tekercsenként 700 méter hosszú szalagot számításba véve. Ugyanebből a memóriából 2 millió bites másodpercenkénti sebességgel tudták kiolvasni az emléknyomokat.

A lézersugárral történő tárolás másik módja azon alapul, hogy *a lézersugár* valamely anyag *mágneses tulajdonságait megváltoztathatja*, ezzel pedig a rajta áthaladó fény polarizációs síkját vagy valamely más, pl. az elektromos vezetéssel összefüggő tulajdonságát. Ha ilyen módon két egymástól jól megkülönböztethető állapotot idézhet elő a lézerfény, akkor e két állapothoz a szokott módon 1-et, illetve 0-t rendelhetünk.



14. ÁBRA / LÉZERES BEÍRÓ BERENDEZÉS

Mi módon történhet ez? Valamely vékony mágneses rétegre lézersugarat bocsátunk rá. Ez a mágneses védőréteg anizotrop, vagyis van könnyű mágnesezési iránya, amelyben viszonylag könnyen átmágnesezhető, és van nehéz mágnesezési iránya, amelyben viszonylag nehezen mágnesezhető át. A könnyű mágnesezés iránya merőleges a vékonyréteg síkjára.

Amikor a lézerfény eléri a rétegnek azt a helyét, pozícióját, amelyet megcéloztak vele, energiát közöl a ponttal, aminek eredményeként e pozíción a réteg anyaga *felmelegedik*. Ezt követően a kiválasztott réteg lehűl. Lehülés közben eléri az ún. Curie-pontot. Amikor a pozíció fölhevült, akkor *elvesztette mágnesességét*, de amikor a lehűlése közben elérte a *Curie-pontot*, *újra mágnesezhetővé válik*. Ha ilyenkor elektromos árampulzus segítségével mágneses teret alakítunk ki körülötte, akkor tetszés szerint állíthatjuk be az eredeti vagy azzal ellentétes irányba mágnesességét. Ilyen módon különböző mágnesezettségű pontok alakíthatók ki, amelyek különbözőképpen polarizálják a fényt. Amikor a kiolvasáskor szerfényt bocsátunk az egyes pozíciókon keresztül, akkor azok aszerint alakítják ki a polarizáció síkját, hogy az egyik vagy a másik mágnesezettség állapotában vannak-e, vagyis 1-et vagy 0-t őriznek-e.

Hasonló elven alapuló tárolásra még eredményesebben használhatók fel azok a ferromágneses anyagok, amelyeknek ún. kompenzációs hőmérséklete van. Ezen a kompenzációs hőmérsékleten a kristály eredő mágnessége éppen nulla értékű, minthogy különböző mágnesezettségű domenjeinek mágneses erői (momentumai) éppen kiegyenlítik egymást. A kompenzációs hőmérsékleten a kristály könnyen hozható az egyik vagy a másik mágneses állapotba. Az ilyen anyagból készült vékonyrétegben a lézerfény ugyanolyan hatást kelthet, mint aminővel az imént találkoztunk: felhevíti a rétegnek azt a pozícióját, amelyet ér, és ott lerontja a mágnesességet. Ezt követően az anyag lehűl, és előbb eléri a Curie-pontot, majd még lejjebb száll hőmérséklete, és eléri a kompenzációs hőmérsékletet. Ekkor elektromos, illetve mágneses tér gerjesztésével könnyen megváltoztathatjuk állapotát, akár könnyen, akár nehezen mágnesezhetővé tehetjük (a könnyű mágnesezés iránya itt is merőleges a vékonyréteg síkjára).

Hologram

Ugyancsak lézerfény segítségével valósítható meg a *hologramrendszerű tárolás* is. A hologram, amelynek felfedezése a magyar származású *Gábor Dénes* nevéhez fűződik, olyan kép, amely a tárgyaknak nemcsak síkbeli, hanem térbeli kiterjedésére vonatkozó információkat is tartalmaz. A hologram készítésekor azonos fényforrásból kiinduló két sugárnyaláb segítségével állítják elő a képet. Az egyik sugárnyaláb a fényképezendő

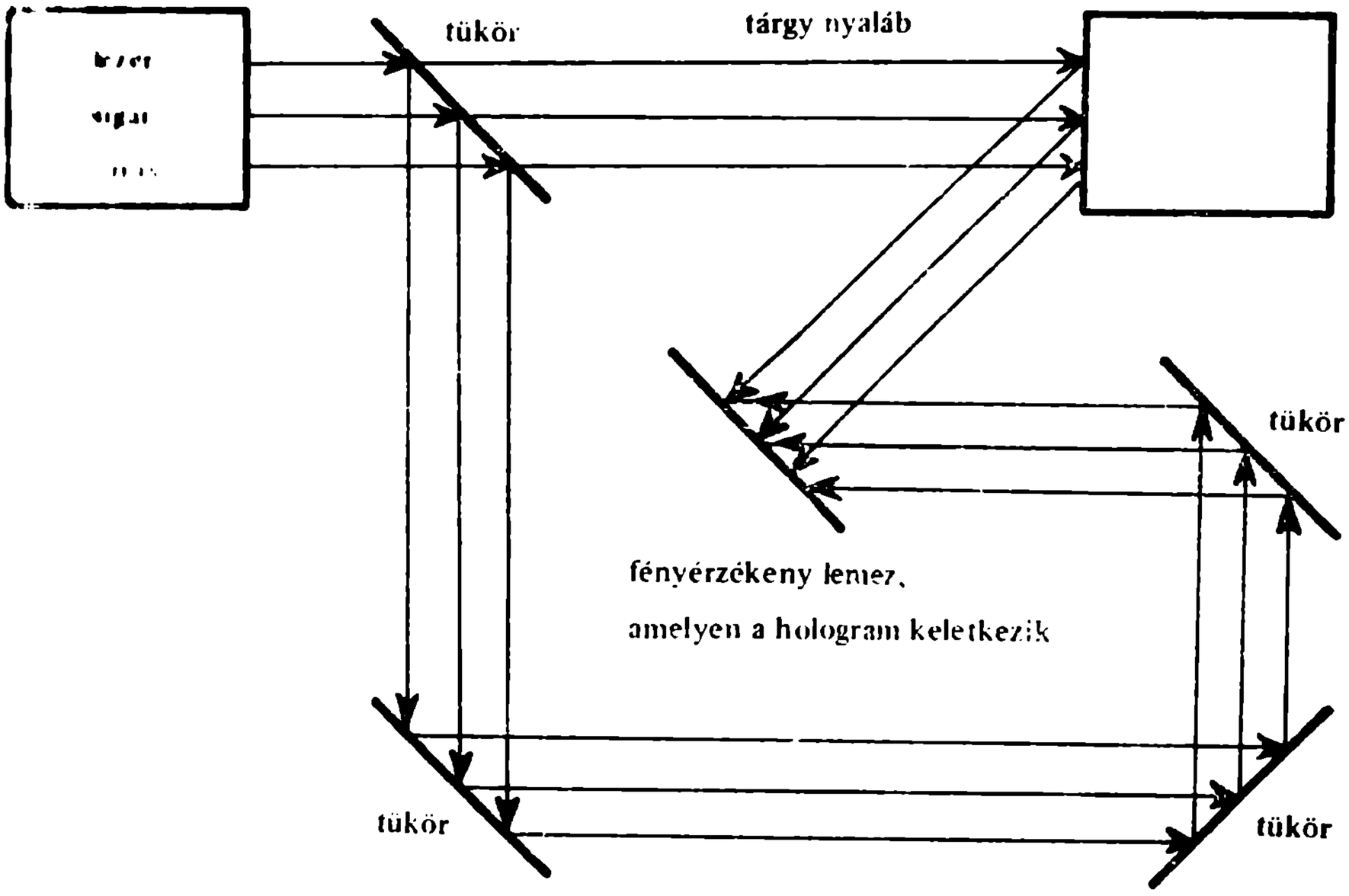
tárgyra hull, és arról visszaverődve éri el azt a lemezt, amelyen a képnek elő kell jönnie. A másik sugárnyaláb ugyanabból a sugárforrásból kilépve közvetlenül éri el ugyanazt a lemezt. Ez utóbbi az ún. referenciasugár. A tárgyra hulló sugár más fázisban éri el a képlemezt, mint a referenciasugár. Így a két sugár interferál egymással. Az interferenciapontok attól függően alakulnak, ahogy a tárgy bemélyedései, kiszögellései stb. más-más fázisban verik vissza a lézersugarakat, így ezek az interferáló sugarak mintegy képviselik a térbeli alakra vonatkozó információkat. Végül is az a kép, amely a képsíkban ilyen módon kialakult, a tárgy háromdimenziós képe. Amennyiben ezt a képet lézersugárral világítják át, előállítható ez a háromdimenziós kép.

A hologram nagyon lényeges tulajdonsága, hogy minden részlete tartalmazza ugyanazt az információt, amelyet maga az egész kép: elegendő valamely részletét átvilágítani ahhoz, hogy elénk tűnjék az egész háromdimenziós kép. Minél kisebb részletet világítunk azonban át, minél kisebb részletből „nyerjük vissza" az információt: annál kisebb lesz, természetesen, az így képzett képen a felbontás.

Amennyiben emléknyomokat tárolunk hologramszerűen, holografikusan, akkor a kép valamely részletének átvilágítása az egész helyett: azonos értelmű a zaj-jel viszony megnövelésével. Minél kisebb részletet világítunk át, annál több kárt tehetnek a zajjelek az információt hordozó jelekben. Holografikus tárolásnál az információ a felfogó ernyőn folytonosan elosztva jelenik meg, elegendő azonban valamely részét felhasználni ahhoz, hogy magát az információt visszanyerjük. Ez azonban lehetővé teszi, hogy azonos felfogó ernyőre (tárolórétegre) több hologramot vigyenek fel, amennyiben egy-egy hologram csak részhologram: abban a mértékben, ahogy a részhologramokat sikerül anélkül zsugorítani, hogy a zaj növekedése pontatlanságot okozna, olyan mértékben növelhető az azonos területen elhelyezhető részhologramok száma, vagyis az adattárolás sűrűsége.

A holografikus tárolás esetében nem bitenként visszük fel az információt a memóriába, hanem „kép"-enként, „lap"-onként. Itt egyszerre történik az egész „kép"-nek, az egész „lap"-nak a beírása, és ugyanígy egyidejűleg történik egy ilyen „kép"-nek, egy ilyen „lap"-nak a kiírása is; amíg a bitenkénti információkiolvasáskor egyszerre mindig csak egy lézersugár és egy fényérzékelő működik, addig itt egész lézernyaláb esik egy „kép", egy „lap" területére, egy fekete és fehér kockákból álló „sakktáblá"-ra, és a fénynyaláb fénysugarai áthatolnak ott, ahol fehér (átlát-

...ző kockákat találnak, és nem tudnak áthatolni ott, ahol fekete (nem átlátszó) kockákra esnek. A „kép”-en áthatolt fénynyaláb fénydetektorok sakktáblájára esik, és azokban a fénydetektorokban, amelyek az átlátszó négyzetek mögött állanak, elektromos impulzust vált ki, azokban viszont, amelyek nem átlátszó négyzetek mögött állanak, nem vált ki elektromos impulzusokat. Így mindig az egész „kép”-nek megfelelő impulzus-impulzushiány kombináció keletkezhet.



11. ÁBRA / ÍGY KÉSZÜL A HOLOGRAM

A holografikus tárolás biztosítékot nyújt a memória esetleges hibáiból eredő veszteségek ellen is. Tekintettel a tárolás nagy sűrűségére, egy-egy kis „kép”-ben vagy „lap”-ban már a legkisebb hiba (pl. karcolás) is sérthetné az egész információt. A holografikus tárolásnál azonban a „kép” a tároló lemez nagy felületén van jelen, és így ha az egyik kis „kép” meg is sérül, a másik még helyes információt szolgáltathat. A kép szétosztása csökkenti azt a „háttérzaj”-t is, amely a tároló réteg egyenetlenségeiből áll elő.

A holografikus memória alakfelismerésre is alkalmas. Ennek a lehetőségére a holográfia eszméjének felfedezője, Gábor Dénes mutatott rá 1965-ben. Kifejtette, hogy ez abban az esetben valósítható meg, ha referenciasugárként a tárgy bináris kódjával modulált sugarat használnak. Ez azt jelenti, hogy amennyiben a tárgy pl. valamely betű lemezre vitt képe,

amely átlátszó és nem átlátszó pontból áll, akkor a referenciasugarak nyalábja az e lemezen, illetőleg az e lemezre vitt képen átbocsátott sugarak nyalábjává válik: sugár megy át ott, ahol a kiválasztott pozíció átlátszó, s nem hatol át sugár ott, ahol a pozíció átlátszatlan. A tárgynyaláb itt is ugyanolyan módon áll elő, mint a „közönséges" hologramnál: a fénynyaláb a tárgyra – amennyiben ez pl. egy betű, akkor e betűre – esik, és róla, a tárgy által modulálva halad tovább. A tároló lemezen itt is találkozik a referenciasugárnyaláb és a tárgyfénynyaláb. Ha az így készült hologramot átvilágítjuk, a tárgy – esetünkben a betű – bináris kódja jelenik meg. Ha a rekonstruáló sugár egy kissé eltér a beírásra használt sugártól, akkor a rekonstruált bináris kód is eltér majd egy kissé az eredetitől. Ezt a tényt lehet alakfelismerés céljaira kihasználni ez esetben. Ha a fenti módon mintát raktározunk el – pl. valamely betű, valamely szám, valamely képrészlet stb. mintáját –, akkor az összehasonlítás érdekében nem kell mást tennünk, mint az elraktározott mintát a vele összehasonlítandó tárgy hologramja segítségével rekonstruálni: minél jobban hasonlít az így előállított bináris kód az eredeti minta bináris kódjához, annál nagyobb a hasonlóság az ábrák között. Ilyen módon megállapítható, hogy valamely szó előfordul-e valamely szövegben, hogy valamely ujjlenyomat azonos-e valamely őrzött minta-ujjlenyomattal stb. Ez a lehetőség hasznosítható optikai olvasóberendezésekben, filmfelvételek térképezés céljaira vagy más célokra történő kiértékelésében stb.

A holografikus tárolás egyelőre inkább elvi lehetőség, mint gyakorlat. Nagyon sok még a megoldandó fejlesztési probléma. Szükség van megfelelően kis méretű fotodetektorokra és olyan fényérzékeny anyagú tároló lemezre, amelyről az információ törölhető, és amely ilyen módon ismételten is felhasználható.

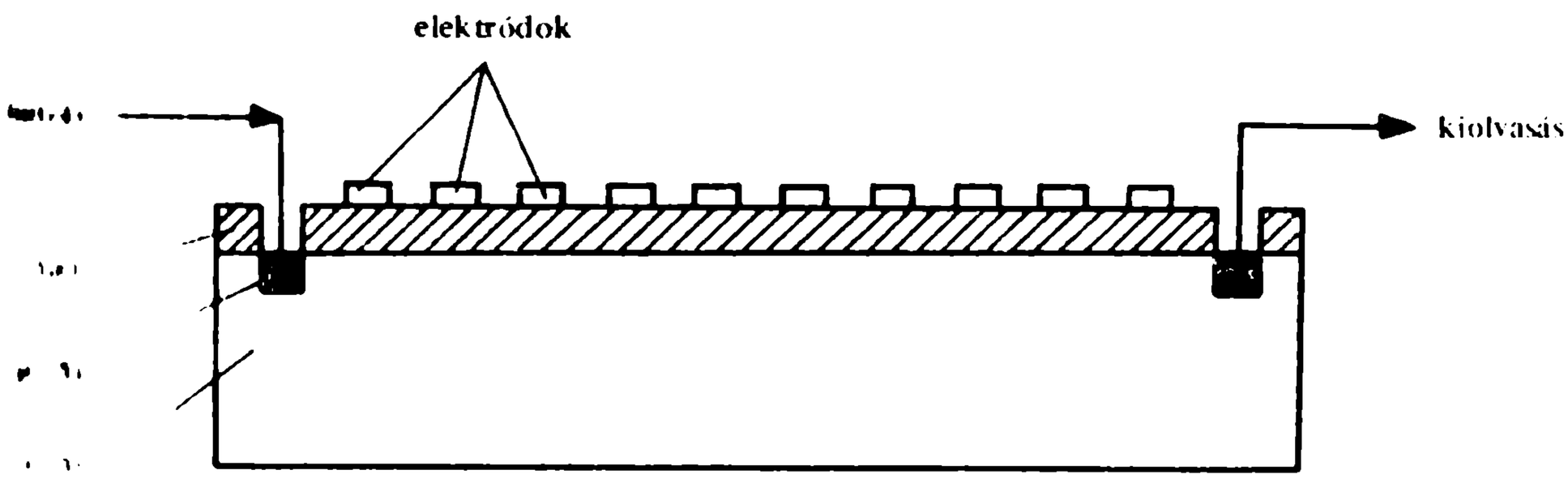
Tárolás elektromos töltésekkel

A laboratóriumok új, nagy reményekre jogosító tároló eszközök fejlesztésén dolgoznak. Ezek egy fölöttébb különös elv alapján működnek, elektromos töltéseket nem tartalmazó „üregeket", illetőleg elektromos töltésekből álló „csomagokat" hoznak létre félvezető anyagban. Ezek az eszközök alkalmasak a számítógépbe betáplált vagy a számítás során keletkezett információk tárolására: pl. az üreg jelentheti a 0-t, a töltés-

csomag az 1-et. E tárolók kifejlesztésén a többi között az MTA Műszaki Fizikai Kutatóintézetének kutatói is dolgoznak.

Az ilyen elektromos töltésű csomagokat alkalmazó berendezések többfélék, de valamennyinek közös alapja egy fémből, oxidból és valamilyen félvezető anyag rétegeiből álló ún. MOS (*M*etal-*O*xid-*S*emiconductor, fém-oxid-félvezető) „szendvics".

A félvezetőt – ez általában szilícium – egy szigetelő oxidréteg fedi. Az oxidréteg tetején egy fémelektród van. Ha ezt a háromrétegű szerkezetet (memóriaelemet) összekötjük egy áramforrásnak a sarkaival, a félvezetőben megváltozik az elektromos töltések korábbi, egyenletes megoszlása. Az elektród elektromos töltése ugyanis eltaszítja magától a vele megegyező nevű töltéshordozókat. Ha a szendvics n-típusú szilíciumból készült (benne csaknem kizárólag negatív töltéshordozók, elektronok vannak), az elektródra bocsátott negatív feszültség mélyebbre taszítja a szilícium felületi rétegéből a negatív töltéseket, s a feszültségimpulzus mintegy gödröt váj az elektród alatt levő anyagban, egy olyan gödröt, amelyben nincsenek töltéshordozók. Ezt potenciálgödörnek is nevezik, mivel az anyag töltésekkel nem bíró része (a gödör) és az anyag egyéb részei között feszültségkülönbség (potenciálkülönbség) van. A gödörbe információt írhatnak: ez ugyanis, ha üresen hagyják, a megállapodás szerint 0-t, ha pedig feltöltik, azaz a környezetével ellentétes nevű töltéshordozókkal telítik, 1-et tárol.



Ilyen elemek készítése viszonylag egyszerű. Ha egy szilíciumlapkát oxigénben kellően fölhevítenek, szilícium-dioxid-réteg keletkezik. Erre egy olyan maszkot helyeznek, amelyen egymás mellett éppen a szükséges elrendezésben sok – esetleg több száz – kis nyílás, ablak van. E nyílásokon át az oxidrétegre fémet párologtatnak, kialakítva a memóriaelemek

harmadik rétegét is. Ha most az elemekre negatív feszültséget kapcsolnak, mindegyik elektród alatt egy-egy potenciálgödör alakul ki, s ezek összességükben egy egész üres tárolócsíkot alkotnak.

A gödör és környezete nincs egyensúlyi állapotban, vagyis, ha a gödröt magára hagyjuk, a környezete megtölti töltéshordozóval. A gödörbe behatoló töltéshordozókat a „termikus generálás" idézi elő, vagyis az, hogy az anyagban hő hatására új töltéshordozók születnek: korábban kötött elektronok válnak szabaddá. Szobahőmérsékleten ez a folyamat lassú: a gödör feltöltődése, azaz a gödörnek és környezetének „termikus egyensúly"-ba kerülése néhány másodpercet is igénybe vehet. Márpedig a néhány másodperc igen hosszú idő ott, ahol az információkat csak a másodperc milliomodnyi, százmilliomodnyi vagy éppen milliárdodnyi részéig kell tárolni – ott ez a néhány másodperc egy egész örökkévalóságnak számít!

Hol van ilyen tárolóra szükség? Általában ott, ahol olyan információkat írnak be, amelyeket ugyanolyan sorrendben szólítanak ki, mint aminőben e beírás történt. Ilyen jellegű tárolóból áramoltathatjuk be leggyorsabban az információkat a számítógép belső, operatív tárába, ugyanis nem kell külön-külön keresgélni azokat, hiszen a följegyzés sorrendjében van rájuk szükség. Ilyen jellegű memóriák alkalmasak a displayekben (a katódsugárcsöves megjelenítőkben) is, ahol a képernyő tartalmát másodpercenként sokszor (például ötvenszer) kell felfrissíteni, s ehhez a tárolónak mindig ugyanabban a sorrendben kell kiadnia az információkat. Az új potenciálgödrös tárolót tehát sok helyen alkalmazhatjuk, gazdaságosan azonban csak ott, ahol rendkívül gyors működésre és a jeleknek viszonylag rövid idejű tárolására van szükség. Ahol az információk sokáig maradnak a tárolókban nyugalomban, ott az ilyen tároló alkalmatlan.

A gyakorlatban két alapvető módja kínálkozik annak, hogy az új tárolóba az információt beírják és kiolvassák. Az egyik az, amikor a potenciálgödröket előidéző „mélyítő" elektródsor előtt egy olyan félvezető réteget alakítanak ki, amelyben pozitív töltéshordozók vannak (ilyen a p-típusú szilícium; p-Si), és amely – ha rá pozitív feszültségimpulzust kapcsolnak – pozitív töltéseket bocsát a vele szomszédos potenciálgödörbe (cellába), ugyanis a pozitív feszültségimpulzus eltaszítja magától a vele megegyező nevű töltéseket (a beírás: 1). Amikor ez a réteg negatív feszültségimpulzust kap, nem áramlik töltéshordozó a cella felé a negatív feszültségimpulzus leköti a pozitív töltéshordozókat (a beírás: 0). Ebben

a megoldásban az információt mindig az első cellába írják be, de belőle, szinte a beírással egyidejűleg továbbléptetik az információt, helyet adva a soron következő jelnek. Hogy ez a „léptetés" hogyan történik, arra visszatérünk. Az információ kiolvasásához a cellasor (cellasorok) végén egy olyan réteget alakítanak ki, amely hasonlít a beíráskor használthoz. E rétegen, ha hozzá pozitív töltések érkeznek (a kiolvasásra váró információ „1"), áram folyik át, ha pedig a kiolvasásra kerülő jel „0", a réteg kivezetésén nem jelenik meg áramimpulzus.

Az információ beírása, azaz a töltéshordozóknak a potenciálgödörbe való bejuttatása történhet fényimpulzus útján is. Ez utóbbi esetben a tároló felületét megvilágítják, és ezáltal az információt valamennyi cellába beírják egyszerre. Ez esetben a töltéshordozók száma, vagyis a töltés nagysága az egyes cellákban a fény intenzitásával lesz arányos.

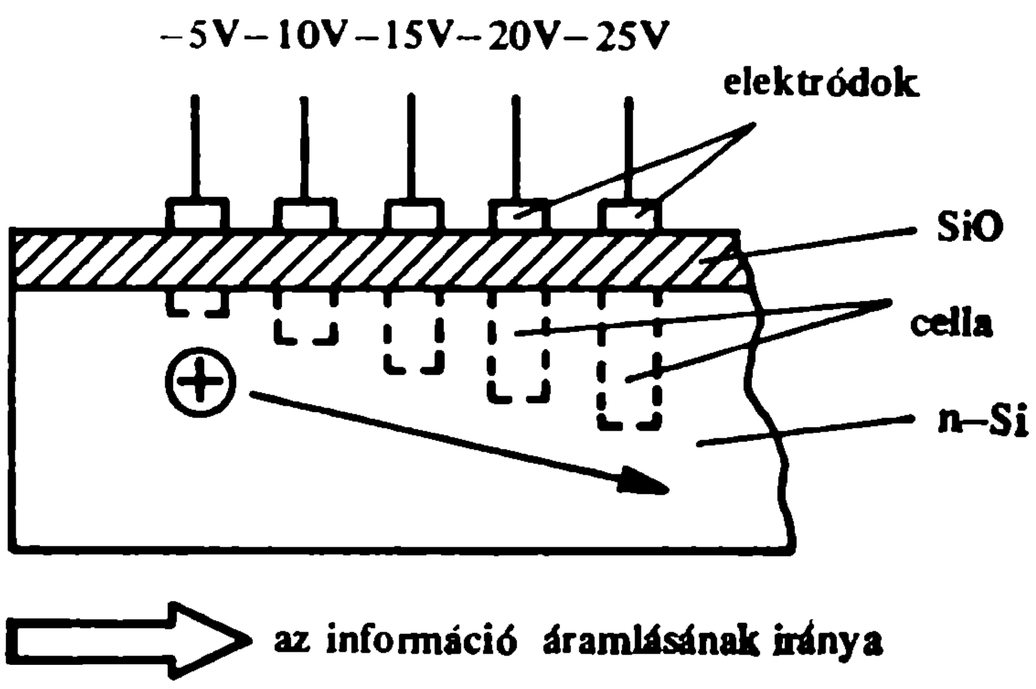
A fény az ún. fényelektromos hatás által idézi elő a potenciálgödrök feltöltődését. E hatás abban áll, hogy a fotonok elektronokat löknek ki azokból az atomokból, amelyeket eltalálnak. Ez érthetővé teszi azt is, hogy miért keletkezik analóg, vagyis a fény intenzitásával, a fotonok számával arányos jel a potenciálgödörben. A fény által keltett töltéscsomagokat mintegy fél ezredmásodpercig gyűjtik (ennyi ideig tart a tároló megvilágítása), s csak ezután kezdik el léptetni őket. Az információ kiolvasása elvileg ugyanúgy történik, mint a fentebb leírt esetben.

Az, hogy a fény is alkalmazható az információk beírására, az új eszközt ott is használhatóvá teszi, ahol képeknek elektromos jelekké való átalakítására vagy – fordítva – elektromos jeleknek képpé való visszaalakítására van szükség. Röviden szólva, az ilyen eszközökből képjel-átalakítók (vidikonok) alakíthatók ki. (Minthogy az eszköz felületére vetített kép hatására a cellákban a reájuk eső fény erősségével arányos mennyiségű töltés gyűlik össze, egy-egy cellában egy-egy képpontnak világos, illetőleg sötét árnyalatát a benne összegyűlt töltések száma – nagysága – jelenti.) Az új eszközök kis méreteikkel és kis energia- stb. igényeikkel a jelenlegi vidikonoknak előnnyel induló versenytársai.

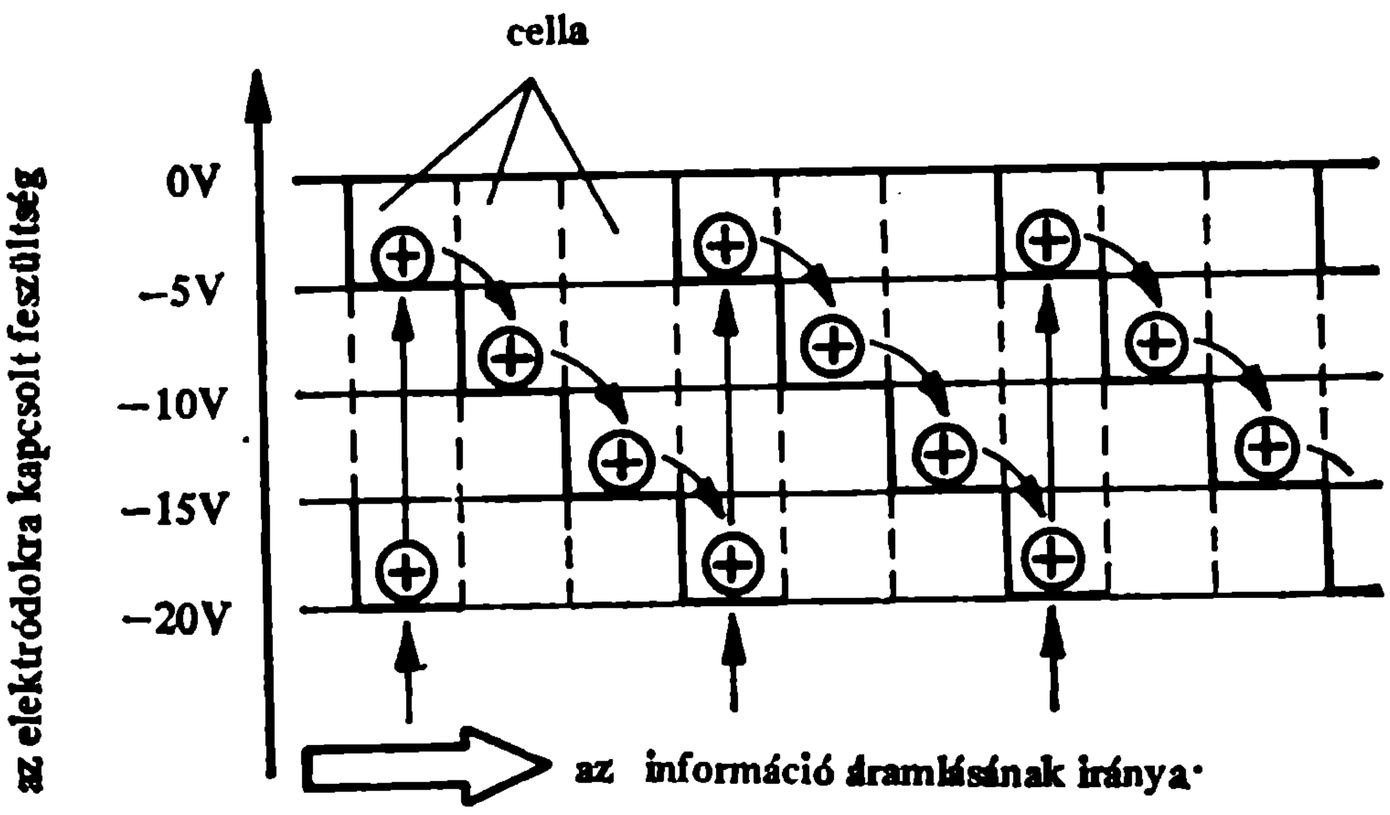
Tárolónkba – amint említettük – az információ beírása általában a tároló elején, kiolvasása minden esetben a végén történik. Ehhez az szükséges, hogy közben az információt nagy sebességgel léptessék, „utaztassák" celláról cellára. A léptetésnek sok módját dolgozták ki, de az elve valamennyinek megegyezik. Tegyük fel, hogy tárolónk első cellájába „1"-et jegyeztünk be, benne pozitív töltések vannak, s a többi cella még üres. Ámde az üres cellák nem egyforma mélyek. Ezt azzal érhetjük el,

hogy az egymás mellett levő elektródokra egyre nagyobb negatív feszültséget kapcsolunk, és ezzel a negatív töltéseket a szilícium egyre mélyebb rétegeibe szorítjuk vissza. Vagyis: a szomszédos cellák között feszültségkülönbséget (feszültséglépcsőt) létesítünk. Minthogy a cellák nagyon közel vannak egymáshoz – csak néhány mikronnyi fal választja el őket –, az elsőben levő pozitív töltések szinte akadálytalanul haladhatnak a kisebb feszültségű helyre, „gurulhatnak" az egyre mélyebb gödrökbe, s csak az utolsóban, a legmélyebben állnak meg, hasonlóan ahhoz, amiként egy lejtőre helyezett golyó a lejtő aljáig gurul. (Az elektromos töltés is, a golyó is – egy természeti törvénynek engedelmeskedve – a legkisebb energiájú hely felé törekszik.)

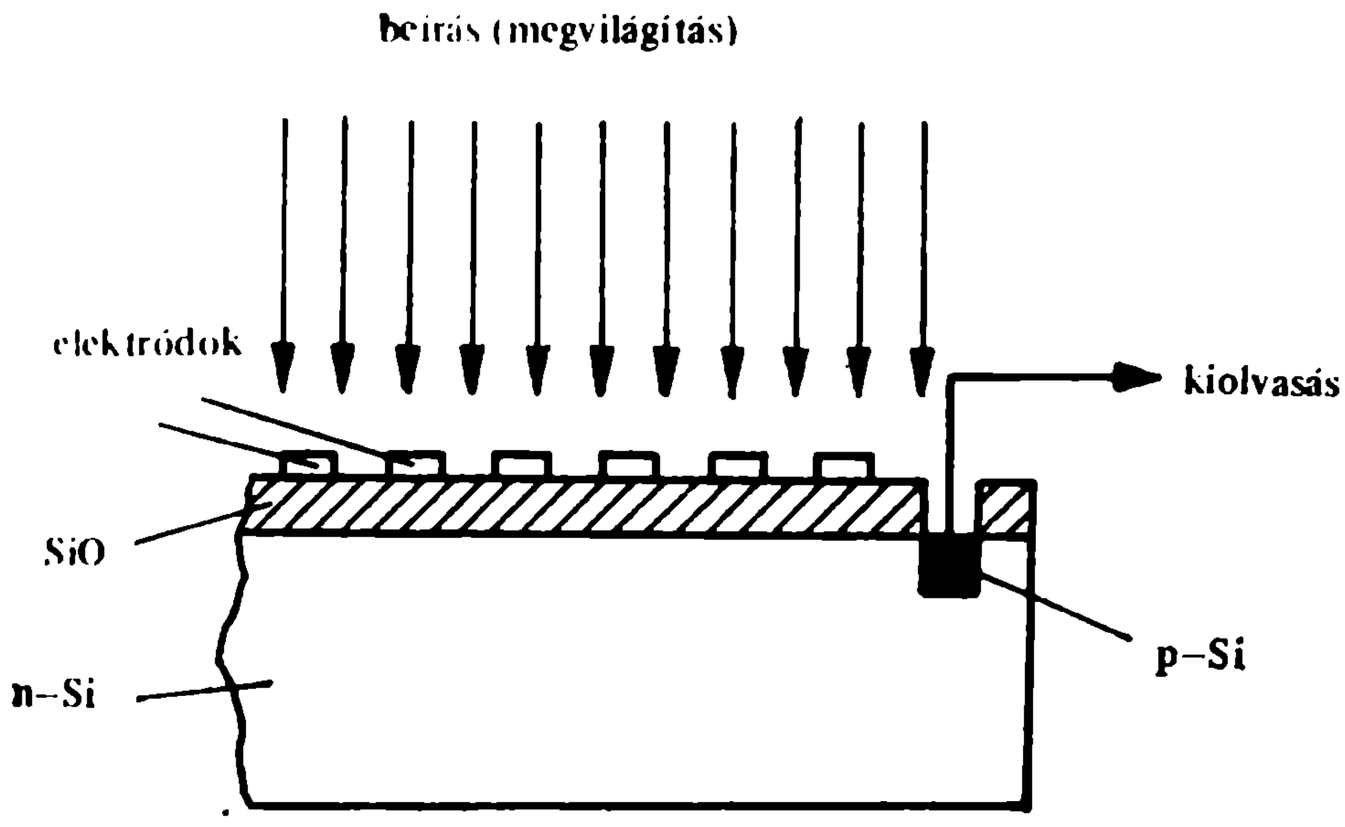
A cellák fokozatos mélyítésén alapuló jeltovábbítás gyakorlati megvalósítása némileg eltér ettől az elvtől: ha a cellasor hosszú, a sok feszültséglépcső bonyolulttá tenné a tárolót, ezért pl. minden negyedik



17. ÁBRA / A LÉPTETÉS ELVE A TÖLTÉS-TÁROLÓBAN (A)



ÉS EGY LEHETSÉGES MEGOLDÁSA (B).
A KÖRÖKBEN LEVŐ + JELEK A POZITÍV TÖLTÉSEKET,
A FEKETE NYILAK A TÖLTÉSEK ELMOZDULÁSÁNAK AZ IRÁNYÁT JELÖLIK



18. ÁBRA / AZ INFORMÁCIÓ BEÍRÁSA A TÖLTÉSTÁROLÓBA FÉNNYEL

cellát azonos feszültségre kapcsolnak, tehát ezek azonos mélységűvé válnak. Amikor azonban a töltések a negyedik cellába jutottak, egyben a legmélyebb pontot is elérték, a fölötte levő elektródra csak nagyon kis negatív feszültséget kapcsolnak: így az az erő, amely az elektronokat a mélyben tartotta, megszűnik. Az elektronok – mint egy lift, fölemelik a pozitív töltéseket, és így az utóbbiak – a cellasor további mélyítése nélkül is – további négy hellyel előbbre juthatnak.

A töltések a tárolás során, de főként léptetés közben „elfáradnak", „kopnak", töltéshordozóik egy részét elnyeli a „zaj", a szállítócsatorna. Ez az általuk képviselt információk torzulásával jár. Ezért az ilyen tárolókban őrzött információk rendszeres helyreállítására, „frissítésére" van szükség. A léptetés közben való frissítés végett az információkat tároló cellák közé külön „frissítő" cellákat építenek be. E frissítő cellák „megerősítik" az éppen bennük levő információt: feltöltik a töltéscsomagot, ha az van bennük, illetőleg „kitágítják", ha a gödör üres. A frissítő cella általában a cellák sorát megszakító tranzisztor (tudniillik a tranzisztor jelerősítő eszköz: a bemenetére kapcsolt jel a kimenetén felerősítve jelenik meg). Minden információ rendszeresen áthalad a frissítő fokozatokon, így minden információ regenerálására sor kerül. Egy-egy frissítő cellát harminc, hatvan vagy még több cella mellé rendelnek.

A potenciálgödrös léptető tároló nemcsak információk tárolására, hanem információk feldolgozására, logikai számolási műveletek elvégzésére is alkalmassá tehető. Ez idő szerint nincs hír arról, hogy ezt a lehetőséget ki is aknáznák, de már most is használják olyan berendezésekben az új tárolót, amelyek impulzusokat számlálnak, vagy vezérlés céljával impulzusokat bocsátanak ki.

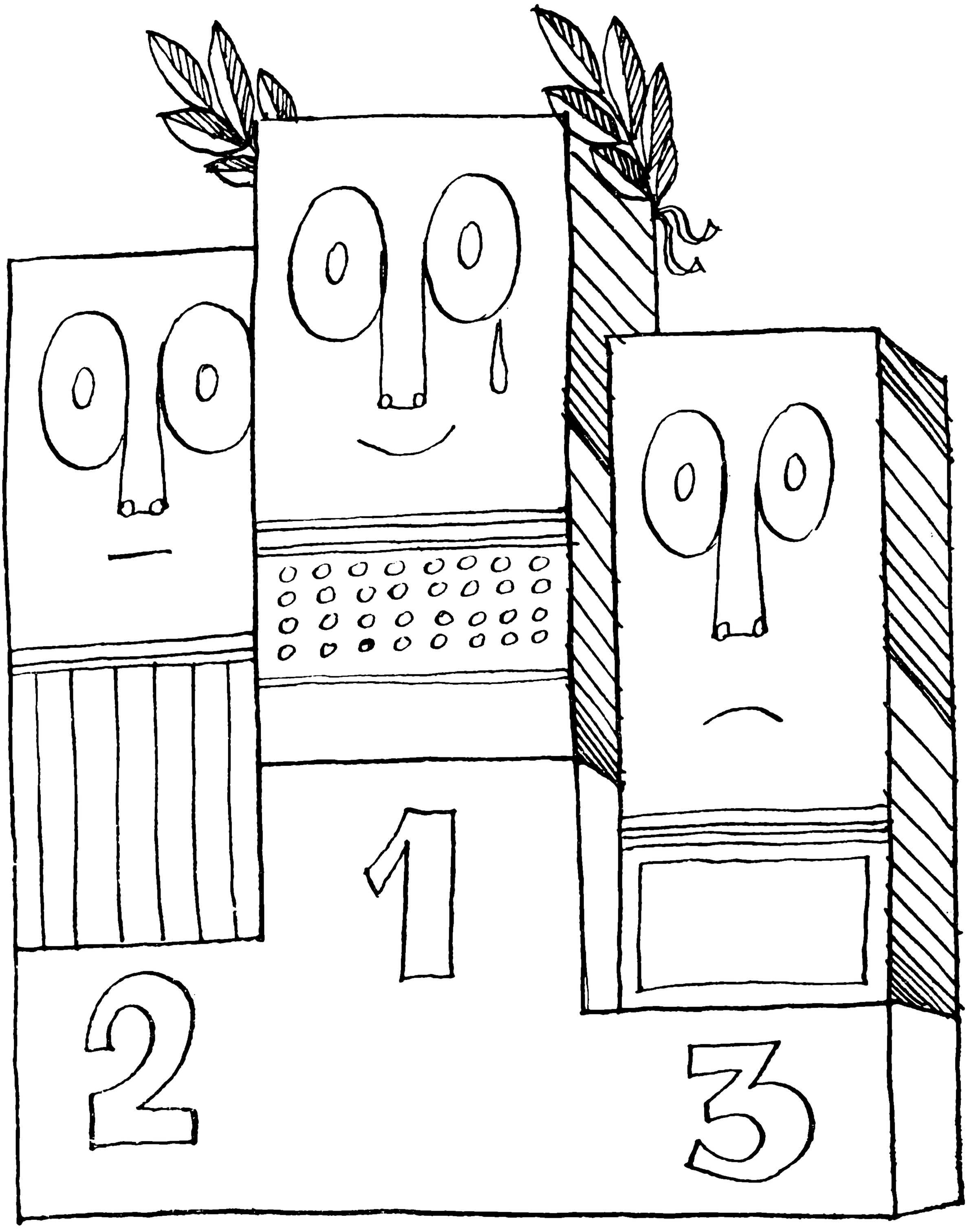
A potenciálgödrös tárolók miniatürizálása gyorsan halad előre. A tárolási sűrűségük már a jelenlegi kísérletek során is igen nagy. Jelenleg egy jel tárolásához 14 tízezred négyzetmilliméter szükséges, de azt remélik, hogy ezt hamarosan leszorítják két tízezred négyzetmilliméterre. Ekkor tehát ötezer jelet lehet majd tárolni egyetlen négyzetmilliméternyi területen. Jelenleg másodpercenként 10–20 millió impulzusnyi sebességgel tudják léptetni a töltéscsomagokat, de remélik, hogy nemsokára az 50–100 millió, sőt az egymilliárd impulzusnyi sebességet is elérhetik.

Ugyanakkor az ilyen tárolók működéséhez igen kevés energia kell. Ha nyugvó üzemmódban használják őket – vagyis, ha „pihenni" hagyják bennük az információkat, és csak a rendszeres frissítésükhöz alkalmaznak áramimpulzusokat – jelenként 20 nanowatt (a watt milliárdodnyi része) energiát emésztenek föl, ha pedig léptető üzemmódban alkalmazzák őket, jelenként (bitenként) 5–20 mikrowatt (a watt milliomodnyi része), energiát igényelnek. Maguknak a jeleknek a képzése is igen kicsi – 10^{-12} Joule – energiát kíván. Ezt azonban elvileg 10^{-14} Joule-ra is csökkenthetjük. Egy 10 000 bitet őrző félvezető lapocska – ha 10 millió bites másodpercenkénti sebességgel léptetjük a bitjeit – bitenként/másodpercenként 20 mikrowatt, összesen tehát 0,2 watt energiát fogyaszt. Tíz ilyen lapocska sem követel többet, mint 2 wattnyi energiát.

Magyarországon először az MTA Műszaki Fizikai Kutatóintézetének Rétegszerkezeti Osztályán készítettek ilyen „elektromos zsák" tárolót.

Memóriák minősítése

A *memóriákat* szokás aszerint „*minősíteni*", hogy mekkora a ciklusidejük. A ciklusidő: az az időtartam, amely valamely bit, valamely byte, vagy valamely utasítás beírásához és kiolvasásához szükséges. Szokás továbbá *a memória kapacitását* (hány bit fér el benne) *összevetni a ciklusidővel* (egy-egy bit beírásának, kiolvasásának időtartamával), és eszerint megállapítani a „minősítés"-eket. Az így előálló „minősítési táblázatok"-on az tűnik elénk, hogy a ferritgyűrűs memóriákban közel 10^7 bit tárolása esetén meg lehet közelíteni a 10^{-5} másodperces ciklusidőt, ha azonban a kapacitás igénye csökken, akkor a ciklusidő jelentékenyen rövidülhet, 10^4 bit tárolása esetén 10^{-7} másodpercre is. Jobb eredmények érhetők el mágneses huzalmemóriákkal: itt elvileg 10^7-nél több bit tárolása esetén, 10^{-7} másodperc a ciklusidő, ennél kisebb bitigény esetén pe-


1
2
3

dig 10^{-7} másodpercnél is kisebb ciklusidő érhető el. A félvezető tárakkal érhető el jelenleg a leggyorsabb ciklusidő: 10^5 bit tárolása esetén a 10^{-8} s-nyi (századmilliomod másodpercnyi) ciklusidőhöz is közel lehet férkőzni. Ami a mágneses buborékokat illeti, kb. 10^8 bit kapacitás esetén 10^{-5} s-es ciklusidő közelíthető meg. Holografikus tárolással óriási bitkapacitás érhető el (10^{11}–10^{12}), a ciklusidő azonban jelenleg ezredmásodperces nagyságrend körül mozog.

Információfeldolgozás lézerrel

A *lézersugár* alkalmazási lehetőségei amint említettük, korántsem szorítkoznak a számítógép-memóriákra. A jövőben óriási szerep vár rájuk, pl. a távközlésben. Ezt az a körülmény teszi elvileg lehetővé, hogy igen nagy frekvenciájú sugarak állíthatók elő a lézerrel. Az elektromágneses hullámokkal átvihető információk száma ugyanis általában egyenes arányban van a hullámok frekvenciájával. A televíziójeleket pl. azért sugározzák ultrarövid hullámon, mert igen nagy számú jelet kell átvinni, ehhez igen nagy frekvenciára van szükség – márpedig az ultrarövid hullámok frekvenciája nagyobb, mint a rövid vagy éppen a középhullámoké. A lézerfény frekvenciája olyan nagy lehet, hogy elvileg egyetlen lézersugár hátára 25 000 televízióprogram jeleit ültethetnénk rá. Egyetlen lézersugár 100 millió telefonbeszélgetést közvetíthetne. A Föld felszínén a légköri viszonyok miatt a lézer-összeköttetés hatótávolsága korlátozott. A világűrben ilyen korlátok nem állnak fönn, ezért feltehető, hogy a majdani űrutazások kapcsán, a jövőben létesítendő állandó jellegű űrállomásokkal összefüggésben különösen fontossá válik a lézersugár mint információtovábbító lehetőség. Jelenleg úgy tűnik, hogy a távolsági adatátvitelre a gáz- és a félvezetőlézerek alkalmasabbak, mint a szilárdtestlézerek (pl. a rubinlézerek). Az okot azokban a módszerekben kereshetjük, amelyekkel a továbbítandó információt a lézersugárra bízhatjuk.

Az elektromágneses hullámokat olyan módon tehetjük alkalmassá jelek hordozására, hogy valamely jellemzőjüket megváltoztatjuk. Ezt *moduláció*nak nevezzük. Megváltoztathatjuk pl. az elektromágneses hullám frekvenciáját, rezgésének gyakoriságát. (FM, frekvenciamoduláció.) Megváltoztathatjuk az elektromágnes hullám erősségét, amplitúdóját (AM, amplitúdómoduláció). Hogy ezt a modulációt előidézzük, az elektromágneses hullámot kristályokon bocsátjuk át, a kristályokra elektro-

mos feszültséget adunk, amely megváltoztatja az áthaladó elektromágneses hullámok jellemzőit. Tehát az elektromos feszültség változtatásával szabályozhatjuk az áthaladó hullámok sajátosságait, vagyis meghatározhatjuk, hogy milyen jeleket hordozzanak.

A fentiekben – legalábbis nagy vonásokban – megismerkedtünk azzal, hogy mint lehet információkat tárolni és információkat szállítani lézersugarak segítségével. A következőkben arról szólunk, miképpen lehet *információkat feldolgozni* (matematikai műveleteket végezni, összehasonlítani) *lézersugarak segítségével.* Előbb azonban meg kell ismerkednünk az *optikai ráccsal.* Ez nem egyéb, mint olyan lemez, amelyen fényáteresztő és fényt át nem eresztő (reflektáló) csíkok váltakoznak rácsszerűen. Ha ilyen optikai rácson át koherens, párhuzamos fénysugarakat bocsátunk (amint a fentiekben láttuk, a lézersugarak ilyen koherens, párhuzamos sugarak), akkor a rács szélein a fénysugarak „elhajlanak", azaz megváltoztatják irányukat, ezek a másodlagos fénysugarak bizonyos távolságokban találkoznak egymással, hatnak egymásra, aminek eredményeként az interferenciajelenség áll elő. Ha a fényhullámok azonos fázisban találkoznak egymással, akkor erősítik egymást, ha más-más fázisban vannak, akkor gyengítik egymást. Így ott, ahol két hullámhegy találkozik, mintegy még „magasabb", „erősebb" hullámhegy áll elő, ott pedig, ahol két hullámvölgy találkozik, még „alacsonyabb", azaz még „erősebb" völgy keletkezik, míg ott, ahol a hullámhegy hullámvölgyet ér, a sugarak mintegy kioltják egymást, ha pedig a fázisok eltérése nem ilyen végletes, akkor csak kisebb mértékben gyengítik egymást. Nyilvánvaló, hogy azonos fázisban történő találkozásokra ott kerül sor, ahol az útkülönbségek egy vagy több hullámhossztávolságra rúgnak.

A rácson túl tehát egyrészt olyan sugarakat találunk, amelyek a réseken keresztül eltérítésmentesen haladnak tovább, vagyis megtartják eredeti irányukat, másrészt olyan sugarakat, amelyek ettől az iránytól különböző mértékben eltérnek. Az eredeti irányukat megtartó sugarak: a 0-rendű sugarak. Az összes többi sugarak szimmetrikusan helyezkednek el a 0-rendű sugarakhoz képest; a 0-rendű sugarak alkotják mintegy a szimmetria-tengelyt, a tengelyhez legközelebb eső sugarak az 1-rendű sugarak, távolabb a 2-, a 3- stb. rendű sugarakat találjuk. Ha a rácstól bizonyos távolságban gyűjtőlencsét alkalmazunk, akkor ez a különböző rendű sugarakat egy-egy pontszerű fényfoltban egyesíti majd. A gyűjtőlencsétől bizonyos távolságban elhelyezett síkban olyan fénypontok jelennek meg, amelyek eloszlása megfelel a rács rései egymástól való távol-

ságának. Ugyanakkor e fénypontok egymáshoz viszonyított, relatív fényessége (fényerőssége, intenzitása), aszerint változik, hogy mekkora a rács réseinek a szélessége. Egy-egy fénypontnak a 0-rendű fénypontól való távolságát „térbeli frekvenciá"-nak nevezik, a fényerősségét pedig a térbeli frekvenciához tartozó amplitúdónak.

A fénypontoknak ez az eloszlása megfeleltethető a matematikában ismert *Fourier-transzformáció*nak, ezért itt is Fourier-transzformációnak nevezik, azt a síkot pedig, amelyben keletkezik, Fourier-transzformációs síknak vagy csak egyszerűen transzformációs síknak hívják.

A Fourier-transzformáció alkalmazható két tárgy (ábra) hasonlóságának, illetve eltéréseinek a felismeréséhez. Ha valamely átlátszó lemezre visszük föl a tárgy képét (film, dia stb.), akkor sötétebb, világosabb foltokat találunk a lemezen, a feketétől a fehérig terjedő színskála különböző árnyalatait. Minél sötétebb a folt, annál kevesebb fényt enged át, minél világosabb, annál többet. Ez arra utal, hogy a különböző területeknek más-más az optikai sűrűsége, azaz az átlátszósága, az átlátszatlansága. Ennélfogva a kép a lemezen sajátos optikai rácsnak is tekinthető, amelyben átlátszó csíkok (rések) és átlátszatlan csíkok keverednek. Ebben a rácsban a rések egymástól való távolsága és a rések szélessége szabálytalanul változik. Ez esetben tulajdonképpen nagyon sok kisebb optikai rács bonyolult elrendezéséről van szó. Így vagy úgy, de mégiscsak optikai ráccsal van dolgunk, és így nincs akadálya annak, hogy a már ismert módon előállítsuk a Fourier-transzformációt. Ezek után tehát a transzformációs síkban fénypontok halmazaként áll előttünk az eredeti kép.

Az optikai információt feldolgozó rendszerben megkülönböztetünk három síkot: az *input-* (bemenő), a *transzformációs* és az *output-* (kimenő) *sík*ot. Az inputsík: a bemenő jelek síkja, vagyis annak a képnek a helye, amelyet valamely másik képpel, a mintával, össze akarunk hasonlítani, amelynek egyezéseit a mintával, eltéréseit a mintától meg akarjuk állapítani. A transzformációs síkban helyezkedik el a minta, vagyis a mintául szolgáló kép Fourier-transzformációja. Az outputsík: a kimenő jelek síkja, itt az a kép jelenik meg, amelyet eredetileg behelyeztünk az inputsíkba, de módosított alakban.

Az inputsíkban elhelyezzük a képet, amelyet értékelni akarunk. Elhelyezhetünk itt egy diát, de végigpergethetünk akár egy teljes filmtekercset is, amelyen különböző tárgyakról készült felvételek vagy ugyanazon tárgyról különböző időpontokban előállított felvételek vannak. Ha az

inputképen lézersugarakat bocsátunk át, ezek áthaladnak a Fourier-transzformáció síkján, és új képet állítanak elő az outputlemezen. A Fourier-transzformáció azonban „szűri" az áthaladó sugarakat. Beláthatjuk, hogy minél nagyobb hasonlóság áll fenn az inputkép és a Fourier-transzformáció között, annál több fény fog áthaladni a transzformációs síkon. Így az outputkép tulajdonságai megmondják számunkra, hogy az inputkép milyen mértékben egyezik a mintával.

Az outputképet nem szükséges a valóságban is előállítanunk, csak abban az esetben, ha valóban magát a képet akarjuk megkapni. Amennyiben kép helyett más alakban kívánjuk megszerezni ugyanezt az információt, az outputkép előállítását el lehet kerülni. Ilyen esetben a transzformációs síkban egy kis átbocsátó rést alkalmazunk, amelyet úgy forgatunk, hogy mintegy letapogassa az egész transzformációs síkot. Ekkor a transzformációs síkra eső lézersugár is letapogatja a transzformációs síkot, miközben áthalad ezen az átbocsátó résen. Az átbocsátó résen átjutó sugár fotonsokszorozóba jut, amely a maga módján elektromos áramot modulálhat stb., és ilyen módon különböző jeleket állíthat elő. Itt, ekkor outputkép helyett bármilyen más outputjelek (pl. betűk, számok, ábrák stb.) is megjelenhetnek.

Az ilyen optikai információt feldolgozó rendszer általában alkalmas az *alakfelismerés* feladatának a megvalósítására. Ennek pedig számos területen nagy a jelentősége. Olvasóberendezéseket pl. arra kell alkalmassá tenni, hogy nyomtatott vagy kézírásos betű alakját felismerjék, azaz bizonyos határok között azonosnak találják a megadott mintákkal. Amennyiben dokumentációt kívánnak automatizálni, akkor az automatának tel kell ismernie bizonyos kulcsszavakat, hogy a dokumentumot hozzájuk rendelhesse. A katonai felderítésben nyilvánvaló a fontossága, hogy későbbi felvételeket nagy pontossággal sikerüljön összehasonlítani ugyanazon tárgyról készült korábbi felvételekkel.

A kristály is: optikai rács. Ha koherens és párhuzamos fénynyalábot bocsátanak át rajta, akkor optikai rácsként téríti el a sugarakat. A kristályoknak ezt a tulajdonságát már nagyon régen felfedezték, és a kristályok szerkezetének kutatásában az ún. krisztallográfiában régóta alkalmazzák is. *Max von Laue* német fizikus 1912-ben alapította meg a röntgenkrisztallográfiát: röntgensugarakat bocsátott át a kristályokon, hogy a sugarak eltérítéseiből következtessen a szerkezetre. Max von Laue a kristályrácsok Fourier-transzformációit állította elő. A kristályban azok a képzeletbeli síkok, amelyeket mintegy ráfektethetünk az atomokra, fény-

visszaverő felületekként foghatók fel, belőlük optikai rács képződik. Ámde a kristály azonos szerkezeti egységekből épül fel, mindegyikben azonos elrendezettségű optikai rács helyezkedik el. Valamennyi szerkezeti egység azonos módon fogja tehát a röntgensugarakat áteresztени, illetve eltéríteni. A Fourier-transzformációs képből tehát nemcsak egy-egy szerkezeti egységnek, hanem az egész kristálynak a szerkezetére is következtetni lehet.

Elméletileg nemcsak az atomokra, hanem az elektron-„hálók"-ra is fényeltérítő síkokat fektethetünk rá, ebben az esetben a Fourier-transzformációból az elektronsűrűségre tudunk következtetni, és ebből tudunk továbbkövetkeztetni az atomszerkezetre: ahol az elektronsűrűség nagy, ott atom jelenlétét feltételezhetjük.

A *krisztallográfiában* a Fourier-transzformáció fénypontjainak eloszlását és fényerősségét vizsgálják. Megmérik, milyen intenzitású a 0-rendű, az 1-rendű, a 2-rendű stb. sugár. A méréshez nem okvetlenül szükséges magának a transzformációs képnek az előállítása: a mérés történhet ionizációs kamra, Geiger-számláló révén és más módon is. A kristályt forgatják, és így különböző Fourier-transzformációkat állítanak elő. Ilyen módon a különböző transzformációkból előtűnnek a térbeli szerkezet sajátosságai. A krisztallográfia fejlődése különösen meggyorsult azóta, hogy a mérési adatokat elektronikus számítógépekbe táplálhatják. Ezek a számítóautomaták nemcsak arra alkalmasak, hogy villámgyorsan kiértékeljék az adatokat, hanem arra is, hogy az adatokból – az előre betáplált programnak megfelelően – elő is állítsák a kristály kiszámított térbeli képét. A megjelenített kép lehet színes is: úgy, hogy a tér három dimenziójához tartozó vonalak három különböző színben tűnnek elő.

Röntgenkrisztallográfia segítségével rendkívül bonyolult szerves molekulák szerkezetét is felderítették: így rajzolta meg *Dorothy Crowfoot Hogdkin*, a B_{12}-vitamin vázlatát (1955), *John C. Kennan* még ugyanabban az esztendőben a 2500 atomból álló mioglobinmolekula szerkezetét. Ugyanígy fedezték fel a lizozim *(David C. Philips)* és a hemoglobin *(Perutz)* atomjainak az elrendezettségét is, és napjainkban gyors ütemben gyarapodnak a feltárások.

Ha az optikai információt feldolgozó rendszerben *szűrőket* helyezünk el a Fourier-transzformációs síkban, akkor ezek segítségével a legkülönbözőbb *matematikai műveleteket „szimulálhatjuk"*. A szűrő olyan lemez, amely bizonyos helyeken átereszti a fényt, más helyeken nem, illetve bizo-

nyos helyeken nagyobb, más helyeken kisebb mértékben engedi át a fényt. Ilyen módon a szűrőkön áthaladó fénynyaláb a legkülönfélébb alakokat öltheti fel. Amennyiben a Fourier-transzformáció síkjában olyan kör alakú lemezt helyezünk el, amely a középponthoz közel eső körben áteresztí a fényt, az ezt határoló körgyűrűben azonban nem, „kis áteresztő" szűrőt nyerünk. Ez csak a kis térbeli frekvenciájú sugarakat – vagyis a szimmetria tengelyhez, a 0-rendű sugárhoz közel eső sugarakat – engedi át, a nagyobb térbeli frekvenciájú sugarakat visszatartja. Amennyiben ugyanez a korong a körgyűrűn engedi át a sugarakat, a középső körben pedig nem: a szűrő „nagy áteresztő", azaz az előbbivel éppen ellentétesen működik, csak a nagy térbeli frekvenciájú sugarakat engedi át, a kicsiket nem. A középső kör, illetve a körgyűrű nagyságának a változtatásával szabályozhatjuk, hogy az áteresztés milyen mértékben lehet kicsi vagy nagy. De nemcsak ilyen idomok képzelhetők el, hanem más idomok is. Elhelyezhetünk a transzformációs síkban olyan szűrőt, amelynek átbocsátó képessége a középponttól való távolodás arányában növekszik. Ekkor a transzformációs síkon áthaladó fénynyaláb olyan alakzatot vetít rá az outputsíkra, amely megfeleltethető valamely függvény első differenciálhányadosának. Ha olyan szűrőt helyezünk a transzformációs síkba, amelynek a fényáteresztő képessége a tengelytől való távolság négyzetével arányosan növekedik, akkor az outputkép a második differenciálhányadosnak feleltethető meg. Ilyen módon szűrő segítségével különböző transzformációkat állíthatunk elő, korrelációs számításokat végezhetünk stb.

Optoelektronika

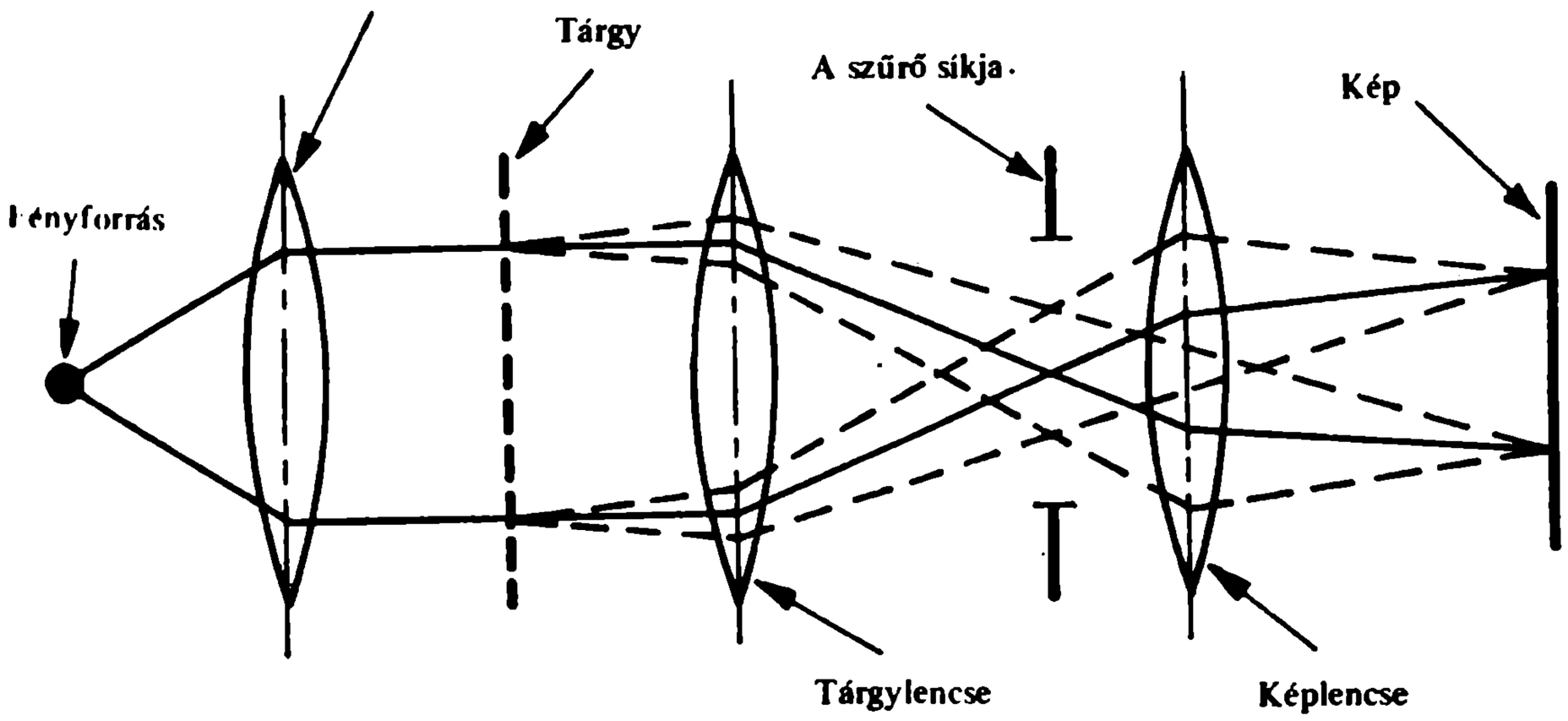
A számítógépes információfeldolgozásban is igen nagy a lézersugarak jelentősége. Kialakulóban van az *optikai elektronika*, az *optoelektronika*. Az optoelektronika alapvető készüléke: az *optron*. Állítják, s joggal tehető fel, hogy így igaz: az optron épp úgy szimbóluma az elektronika új korszakának (az optoelektronika vagy *elektronoptika* korszakának), mint ahogy a tranzisztor megjelenése is a technológiai haladás új lépcsőfokát jelezte. Az optronban egy fényforrást kapcsolnak össze fényérzékeny elemmel. A követelmények, amelyeket mind a fényforrásnak, mind a fényérzékeny elemnek ki kell elégítenie, igen nagyok. Kis áramerősséggel, kis feszültséggel működtethető, miniatűr elemeknek kell lenniük. A fényfor-

rásoknak kis „fénytehetetlenséggel" kell rendelkezniük, vagyis nagyon gyorsan kell átbillenniük – ha parancsot kapnak rá – a „fényt szór" állapotból a „nem szór fényt" állapotba vagy fordítva. A fényérzékelő elemeknek viszont nagy fényérzékenységűeknek kell lenniük, s ugyancsak gyorsan kell működniük. A fényérzékeny elem fényérzékenységének elsősorban annál a hullámhegynél kell jelentkeznie, amelyben a fényforrás fényerőssége a maximális. Végül gondoskodni kell arról is, hogy a fényforrásból kilépő sugár lehetőség szerint veszteség nélkül érje el a fényérzékelő elemet.

Amennyiben a fényforrást és a fényérzékeny elemet elektromosan is összekapcsoljuk, az *optronban* olyan *erősítőre* tehetünk szert, amelyben a fényjel amplitúdója több ezerszeresére emelhető. Az erősítő hatás azon alapul, hogy a gyenge fényimpulzus hatására a fényérzékelő elem ellenállása hirtelen lecsökken. Az ellenállásnak e csökkenését (és az elektromos feszültség egyidejű ugrásszerű megnövekedését) használják fel új fényimpulzus előállításának a vezérlésére. Így a viszonylag gyenge fényimpulzus helyett éles, erős felvillanás keletkezhet. Minthogy a felvillanásban nem ugyanaz a fény jelentkezik, amely az optronba belépett, ezért nincs akadálya annak, hogy más színű (más spektrumú) fény villanjon fel, mint amilyen az optronhoz megérkezett. Ilyen módon valamely, a nem látható fény birodalmába tartozó vörösön inneni fényjel erős látható fény felvillanását válthatja ki. Amennyiben a felerősített fénysugarat visszavezéreljük az optronba, akkor *bonyolultabb erősítő berendezést* állíthatunk elő.

Az optron-sugárforrás működésének alapja az *elektrolumineszcencia* jelensége. Ez abban áll, hogy egyes kristályos félvezető anyagok elektromos áram hatására világítani kezdenek. Ezt a jelenséget *O. V. Lószev* szovjet tudósról, aki 1927-ben elsőként észlelte, Lószev-féle elektrolumineszcenciás sugárzásnak nevezik. Az elektromos áram ugyanis elektronokat visz át a félvezető emitter tartományából a bázis tartományába. A bázisban a pozitív töltésű elektroncsapdák – amint előbb már tárgyaltuk – foglyul ejtik az elektronokat. Eközben az elektronok elvesztik energiájuk egy részét. Ez az energia alakul át fénnyé, ennek révén kezdenek világítani a kristályok.

Az elektrolumineszcencia jelenségét számos anyagot alkalmazva idézhetjük elő. Így akkor is előáll, ha fém és átlátszó, áramvezető réteggel borított üveg közé félvezető elemek vegyületeit, pl. cinknek és kadmiumnak kénnel, szelénnel alkotott vegyületeit szórjuk be. A fém és az áram-



19. ÁBRA / OPTIKAI INFORMÁCIÓFELDOLGOZÁS ELVI VÁZLATA

vezetős üveg a kondenzátor fegyverzetének a szerepét tölti be, a közöttük levő anyag pedig az elektroluminofor, amelyben az áramkeltette sugárzás keletkezik. Ha a kondenzátor fegyverzetére váltakozó áramot kapcsolnak, akkor sugárzás jelenik meg, amelynek a sajátosságai számos körülménytől függenek: így a környező hőmérséklettől, a járulékos megvilágítottságtól stb. is, de a fegyverzetre bocsátott elektromos áram amplitúdójától és frekvenciájától is. Így tehát az áram erősségének és frekvenciájának a változtatásával szabályozható a sugárzás erőssége és színe. Ezt a jelenséget *Destriau* észlelte 1936-ban, mégpedig rézzel aktivált cinkszulfiddal kapcsolatban. Ezért az imént leírt berendezést róla nevezték el *Destriau-cellának*. Abban az esetben, ha alkalmas félvezetőt alkalmazunk: a sugárforrásból lézerfény fog kilépni, amely monokromatikus és koherens. Az ilyen fényforrások nagy energiájú fényt bocsátanak ki, és gyorsan működnek.

A *fényérzékelő* elemek éppen megfordítva működnek, mint a sugárzóelemek: bennük *a fény* alakul át *elektromos impulzussá*. Elvileg azonban fényérzékelő elemek lehetnek ugyanazok a készülékek is, amelyeket az imént mint sugárzásforrásokat ismertünk meg. Most az elektrolumineszcencia jelenségének a fordítottja történik. Ha a bázist – az ún. „lyukvezetési tartomány”-t világítjuk meg fénnyel, akkor a fény hatására elektronok és „lyukak” (pozitív töltésű „elektronhiányok”) jelennek meg, vagyis áram keletkezik, az elektromos ellenállás ugrásszerűen csökken. A fényérzékelő elemek igen nagy választéka áll már rendelkezésre. Ezek: bonyolult funkciók teljesítésére is képesek, amennyiben nem egy, hanem

egyidejűleg két félvezető működik bennük. Az anyaguk: szilícium, germánium, kadmium-szulfid stb.

Mindezeknek a fényforrásoknak, illetve fényérzékelő elemeknek a működtetéséhez elektromos áramra van szükség. Újabban azonban megjelentek az üvegszálas *lézer-tirisztorok*, amelyek nem elektromos impulzus, hanem fényimpulzus hatására sugároznak ki lézerfényt. Működésük alapja az optikai fonalakkal kapcsolatban tapasztalt fényjelenségekben található meg. Az optikai fonál: optikailag átlátszó, pl. üvegből készült fonál: ha a keresztmetszete azonos nagyságrendű a rajta átbocsátott fény hullámhosszúságával, akkor hullámvezetőként viselkedik, csak meghatározott rezgésfajtákat enged át. Ha szennyező anyagokat viszünk be az üvegbe, pl. neodimiumot, akkor ezek atomjait külső fényforrás segítségével gerjeszteni lehet, amikor is monokromatikus fényhullámokat bocsáthatnak ki, illetőleg erősíthetnek fel, vagyis lézerként működhetnek. A tirisztorban tehát: fény hatására jelenik meg fény, fény vezérel fényt. Itt nem jelenik meg elektromos áram. Ennek a jelentősége igen nagy: ahol elektromos áram van, ott nem lehet nélkülözni a kapcsolásokat, sőt a forrasztásokat sem – itt meg lehet szabadulni a velük kapcsolatos technikai kényelmetlenségektől. A tirisztor olyan számítógép felé mutat előre, amelyben nem szükséges majd elektromos áramimpulzusoknak megjelenniük.

Optikai számítógép

Az *optikai számítógépekben* alapvetően kétféle működési mód képzelhető el. Az elektrooptikai gépekben hol elektromos impulzusok, hol pedig fényimpulzusok hordozzák majd az információkat, a tisztán optikai berendezésekben pedig kizárólag fényimpulzusok. Az ilyen számítógépekben a működési sebesség ugrásszerű növekedésével számolhatunk. Ebben az esetben azt kell figyelembe vennünk, hogy a természetben bármely hatás terjedésének felső határa a vákuumban mért fénysebesség, vagyis 300 000 km/s. Az elektromos impulzusok ismétlődési gyakorisága növelhető ugyan, de a vezetéken való terjedés sebességének hamarabb jelentkeznek a korlátjai. A fény esetében ilyen hátrány nem jelentkezik. A lézerhullámok információhordozó kapacitása nagyságrendekkel nagyobb lehet, mint az elektromos impulzusoké. Az optikai számítógépek ugyanakkor – ha figyelembe vesszük az optikai tárolás lehetőségeit is – reményt

nyújtanak a méretek további csökkentésére és a megbízhatóság további javítására is. Ami a megbízhatóságot illeti, a fotonok „semlegesek". Így az optikai számítógép egyes egységeit – amennyiben optikai úton valósul meg közöttük a kapcsolattartás – könnyebben el lehet választani, „szigetelni" lehet egymástól. Az optikai jelek nincsenek kitéve a külső jelek okozta zavaroknak, torzulásoknak – ez az elektromos jelekről éppenséggel nem mondható el. Optikai áramok esetén kizártnak kell tekinteni a nemkívánatos fordított irányú áramokat, a „kóbor áram"-okat. Amennyiben a látható fény tartományába eső frekvenciákat is alkalmaznak az optikai számítógépekben, akkor még a működés vizuális ellenőrzésére is mód nyílik.

Hogy némi képet alkothassunk magunknak egy ilyen optikai számítógép lehetséges előnyeiről a jelenlegi elektronikus digitális automatákkal szemben: elegendő arra gondolnunk, hogy egy optikai számítógépben minden nehézség nélkül megoldható, hogy egész képeket, képsorozatokat küldjünk ide-oda fényimpulzusok alakjában. Beszámoltak egy kísérletről (Japán), amelyben lézerkészüléket kapcsoltak össze közönséges elektronikus digitális számítógéppel, és ilyen módon értek el nagy hatásfokú együttműködést. A lézernek az volt a dolga, hogy sugarával letapogasson egy gépkocsimodellt. A letapogatás során nyert adatokat továbbították a számítógépbe, ez az előre betáplált programnak megfelelően kiszámította a modellnek megfelelő gépkocsi-alkatrészek gazdaságos és technikailag biztonságos előállításához szükséges adatokat.

Az optikai számítógép a maga sajátos módján dolgozza majd fel az információkat. Itt emlékeztetünk egyrészt arra, amit fentebb írtunk az optikai szűrőkkel stb. elvégezhető matematikai műveletekről, másrészt arra, hogy logikai műveletek elvégzésére alkalmas berendezéseket nyernek, ha egy kristályban két lézert összekapcsolnak, a lézerfények interferenciái révén jutnak ehhez az eszközhöz. A két lézerfény interferenciája révén előálló „output"-sugár megfeleltethető az „és" vagy a „megállás" stb. logikai műveletek eredményeinek. És minthogy ez esetben nagyon sok művelet egyidejű, párhuzamos elvégzése is lehetségessé válik, ezért lehetségesnek tartják másodpercenként tízmilliárdos nagyságrendű számolási-logikai művelet elvégzését is.

Az elektronoptikai berendezések azonban nem csupán a számítógép világának ígéretei: csakúgy *behatolnak a technika legkülönbözőbb létezményeibe*, mint – a velük szemben „hagyományos"-nak minősíthető – számítógépek elektronikus elemei. Az optoelektronika elemei megjelen-

nek a televíziókészülékekben mint vákuummentes analogonjai a tévé-képcsöveknek, és ezzel a fejlesztés teljesen új irányait jelölik ki. A jelenlegi képcsövekben az elektronsugár – amelyet mágneses eltérítők között vezetnek – rajzolja ki a képet az ernyőre. A fotoelektrikus képkonverterek, amelyek a jelenlegi képcső uralkodói helyére törnek, néhány milliméter vastag félvezető lemezre küldenek majd sugarakat, e lemez felszíne fényvezető rétegből áll majd. Lézersugaras megjelenítés esetén lényegesen élesebb és tisztább képek jelenhetnek meg a képernyőkön, mint jelenleg. Lézersugarakat alkalmazhatnak nyomtató készülékekben is. Itt a lézersugár számjegyek, betűk stb. alakját ábrázoló maszkokat tapogathat le, és azután fényérzékeny papíron „kirajzolhatja", lefényképezheti ezeket. Az ilyen nyomtató berendezésekből hiányozhatnak az olyan mechanikusan mozgatott alkatrészek, mint a betűkarok és a betűlécek.

4 TÁV-ADATFELDOLGOZÁS

A hálózatok típusa

A következőkben a számítógéppel megvalósítható táv-adatfeldolgozásról szeretnénk beszámolni. Ez összefügghet ún. adatbank létesítésével is. Ám elvileg egy ilyen rendszer megvalósulhat adatbank nélkül is.

A táv-adatfeldolgozó rendszer középpontjában valamely számítógép vagy a számítógépeknek együttműködő rendszere áll. A táv-adatfeldolgozó hálózatot elvileg négy típus szerint alakíthatják ki. Közülük az első a legegyszerűbb. A középpontjában egyetlen számítógép áll, ezt a számítógépet adatvégállomásokról – ún. terminálokról – lehet megkeresni. A terminál sokfajta lehet: lehet konzolírógép (ez adatbevivő és adatkihozó mű lehet), telex-berendezés, display, de lehet olyan adatvégállomás is, amely külső tárak (lyukkártyák, lyukszalagok, lemezek) anyagát juttatja el a központi számítógéphez. A terminálokról kérdést intézhetnek a számítógéphez, feladatot adhatnak neki. A számítógép a terminálokról érkező kérdésekre választ ad, illetve megoldja a terminálokról betáplált feladatokat, és a válaszokat, illetve az eredményeket visszaküldi a terminálokra. A számítógép multiprogramozású, és time-sharing üzemmódban működik. Így tehát több programot is futtatnak benne, miközben a terminálokról megkeresik. Több terminál is megkeresheti egyidejűleg: s egyidőben elégíti ki valamennyi terminál kívánságait. A valóságban a számítógép – az operációs rendszerében feljegyzett pioritás kritériumok szerint – természetesen meg-megszakítja az egyik program végrehajtását, hogy erőforrásait a másik program rendelkezésére bocsássa, ezt azonban oly rövid időközökben ismétli meg, hogy gyakorlatilag egyik terminál felhasználója sem tapasztalhat hátrányt, mindegyik úgy „érezheti", mintha a központi számítógép kizárólag az ő feladatának a megoldásával foglalkoznék. A központi számítógép információfeldolgozási tevékenységének folyományaként keletkezett eredményadatok megjelennek a terminálon: a konzolírógép papírján, a gyorsnyomtatón, a lyukkártyán, a lyukszalagon, a display képernyőjén, vagy befolynak egyenesen a lemeztárakba, tetszés, illetve utasítás szerint.

A táv-adatfeldolgozó rendszer második típusában a központi számítógépet nem csupán „intelligencia nélküli" terminálok veszik körül, hanem „intelligens terminálok" is: ezek az intelligens terminálok maguk is számítógépek. Így tehát egyfelől „intelligencia nélküli" terminálokat – villamos írógépeket, külső tárak anyagát küldő adatvégállomásokat, displayket – találunk a hálózat végein, amelyek maguk nem képesek információfeldolgozásra; másfelől „intelligens" terminálokat, azaz számítógépeket, amelyekkel magukkal is lehetséges információkat feldolgoztatni, és így maguk is meg tudnak oldani olyan feladatokat, amelyekkel kapacitásuk képes megbirkózni. Ezek az „intelligens terminálok" csak olyan feladatokat küldenek be a központi számítógépbe, amelyeknek megoldása meghaladja képességeiket.

A táv-adatfeldolgozó hálózat harmadik típusában a központi számítógép helyén már több számítógépet találunk, a számítógépek hálózatát. Ezek a számítógépek adattovábbító vonalakkal kapcsolódnak egymáshoz. Itt is „intelligencia nélküli" terminálokat találunk az egész táv-adatfeldolgozó hálózat végpontjain, de előfordulhat olyan megoldás is – s ekkor beszélhetünk külön negyedik típusról –, amikor a végpontokon „intelligens terminálok", illetve számítógépek helyezkednek el. Ebben a harmadik, illetve negyedik típusú hálózatban a terminálokról bevitt adatok bekerülnek a központi számítógép-hálózatba, amely úgy működik a terminálok viszonylatában, mintha egyetlen számítógép lenne: egyetlen „virtuális számítógép". Ebben a virtuális számítógépben addig vándorolnak a bevitt feladatok, amíg olyan számítógépre nem lelnek, amelynek a kapacitása éppen megfelel a feladatnak, illetve, amely a feladat megoldásához éppen rendelkezik a szükséges szabad kapacitással, itt azután megállapodnak. A virtuális számítógép a feladat megoldása után visszaküldi az eredményadatokat a terminálokra.

Az összeköttetések technikai megvalósítása

Amennyiben viszonylag kis táv-adatfeldolgozó rendszer megvalósításáról van szó, akkor a terminálok és a központi számítógép (számítógéprendszer) közé elégséges helyi koncentrátorokat és egy multiplexort beiktatni. Az egy helyütt, pl. egy szerelőcsarnokban felállított terminálokat, amelyek ez esetben nem számítógépek, hanem „intelligencia nélküli" terminálok – konzolírógépek, displayk stb. –, egy-egy koncentrátorhoz

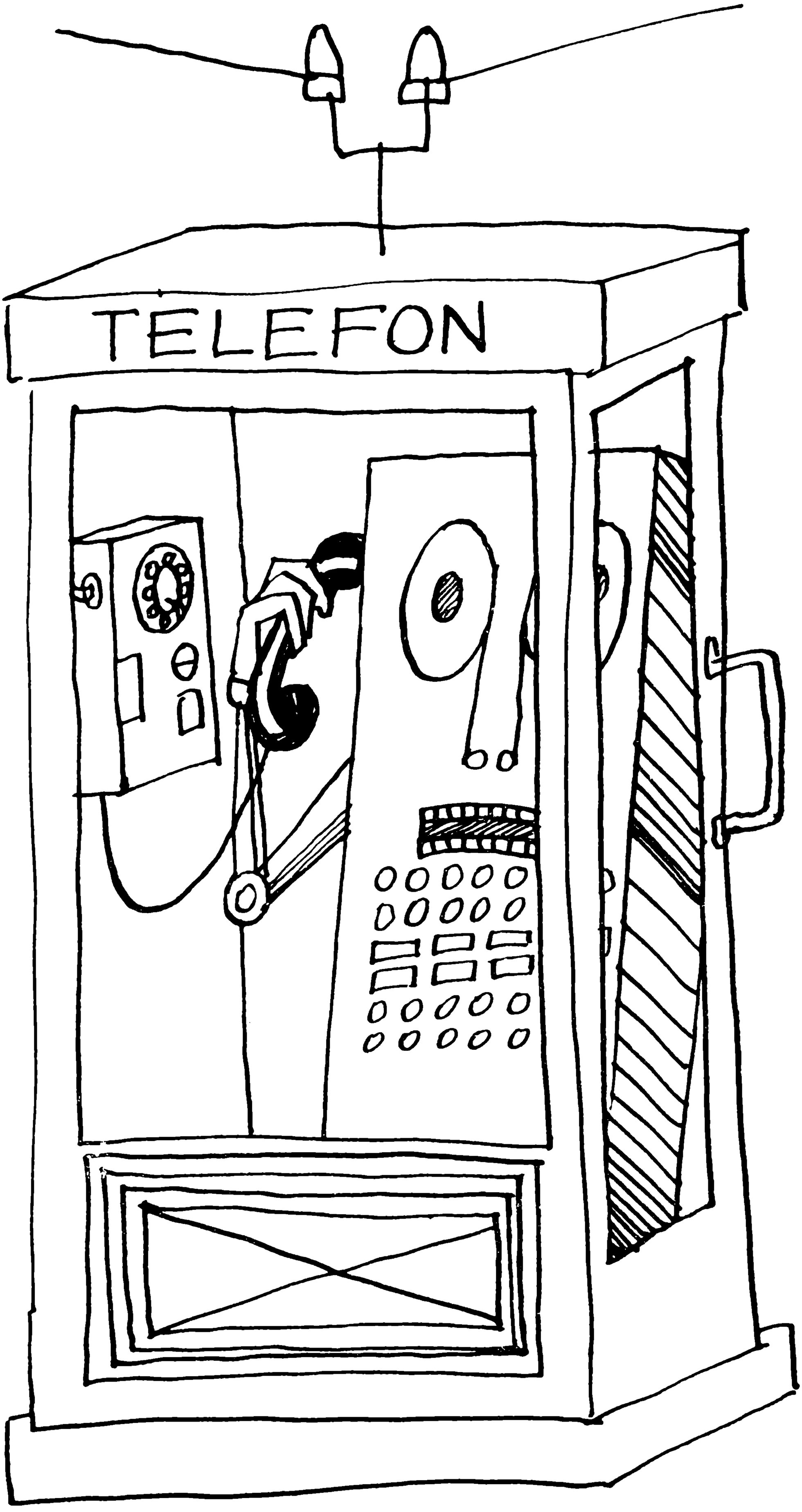
kötik hozzá. A szerelőcsarnokban levő összes terminálok kábelen csatlakoznak ehhez a koncentrátorhoz. Ennek a koncentrátornak az a dolga, hogy a szerelőcsarnok és a számítógép között közvetítsen. Ő maga azonban rendszerint nem érintkezik közvetlenül a számítógéppel, hanem csak a multiplexor útján. A multiplexor mintegy a számítógép előszobájában áll, és rendet tart a terminálok között, amelyek feladatokat akarnak adni a számítógépnek: egyszerre mindig csak az egyik terminál – pontosabban az egyik koncentrátor – adatblokkjait engedi rá arra a vonalra, amely a számítógéphez vezet. Ilyen módon a számítógép maga úgy működik, mintha valóságban is csak egyetlen terminál – maga a multiplexor – állna vele összeköttetésben.

Nagyobb táv-adatfeldolgozó rendszerekben nagyszámú terminált kapcsolnak össze a központi számítógéppel (számítógép-rendszerrel). Az ilyen nagy hálózatok felépítésének egyik lehetséges elve: az ún. sokcsepprendszer. Ez esetben a koncentrátor: maga is számítógép, minthogy olyan bonyolult feladatot kell ellátnia, amelyet „alacsonyabb rangú", kisebb teljesítőképességű berendezésre nem bízhatnának. A koncentrátor-számítógép több terminált szolgál ki: ezek a terminálok rendszerint maguk is „intelligens terminálok", azaz számítógépek. A koncentrátor-számítógép rendbe állítja a hozzácsatolt számítógépek adatblokkjait, és megfelelő rendben rábocsátja őket a központi számítógéphez vezető vonalra. Ilyen sokcsepprendszerként épült ki pl. Angliában egy nagy bankrendszer adatfeldolgozó hálózata. Ebben a rendszerben egy-egy földrajzi, közigazgatási, illetve a bankrendszer által kialakított feldolgozási egység bankfiókjainak állomásai – írógépek, displayk, kis számítógépek – csatlakoznak a maguk koncentrátor-számítógépéhez. Minden ilyen – földrajzi, közigazgatási, adatfeldolgozási – egységnek megvan a maga koncentrátora, amely kiszolgálja az adott területen működő terminálokat. Az összes koncentrátor-számítógépeket egy közös vonal kapcsolja a központi nagy számítógéphez (számítógép-rendszerhez). Az ilyen sokcsepphálózatban egyszerre mindig csak egy terminál (periféria) érintkezhet a központi nagy számítógéppel (számítógép-rendszerrel), ez azonban – amint írtuk – egyetlen végállomás számára sem jelent igazi hátrányt, minthogy gyakorlatilag észrevehetetlenül rövid idő telik el, mire már ő kerül sorra. A központi számítógép meghatározott rendszer szerint végigtapogatja – végigkérdezi – a koncentrátorokat: melyiknek van közölni valója számára, és milyen sürgős ez a feladat? A rendszer előnye főleg a gazdaságosságában rejlik (kevesebb vonalat kell bérelni vagy kiépíteni, mintha minden egyes

fiók állomását közvetlenül kötnék össze a központi nagy számítógéppel). A rendszer hátránya: a sebezhetőség. Működése egyetlen hosszú összekötő vonal – hibátlan működésén áll vagy bukik; ha ezen a fő összekötő útvonalon hiba lép fel, akkor egyszerre az egész hálózat megbénul.

A táv-adatfeldolgozó hálózat forgalma lebonyolódhat távíró- és telefonvonalon is (nem szólva az egyéb, pl. mikrohullámú láncokról). A számítógépben digitális természetű jelek közlekednek. A távíróhálózat eleve digitális természetű jelek továbbítására készül, ezért a számítógép adta jelek viszonylag kisebb átalakítás után futhatnak rá, illetőleg vehetők le róla. Ha a táv-adatfeldolgozó hálózatot távbeszélővonal köti össze, akkor már nagyobb átalakításra van szükség: a távbeszélő-hálózat beszédhangoknak megfelelő elektromos jelek, azaz folytonos (analóg) jelek szállítására készült; ez esetben a digitális jeleket át kell alakítani analógokká, amikor a vonalra mennek, míg az analóg jeleket digitális jelekké kell alakítani, amikor a vonalról jönnek. Ezt az átalakítást ún. MODEM (modulátor-demodulátor) berendezés látja el, oda és vissza is. Emellett szükség van hibavédelmi berendezésre is, amelynek az a dolga, hogy kiegyenlítsen olyan zörejeket – zavaró hatásokat –, amelyek telefonbeszélgetés során még nem zavarják az emberi fület az érzékelésben, minthogy a fül maga – a hangérzékelő apparátus maga – végzi el ezt a szükséges kiegyenlítést, a számítógép munkáját azonban már megzavarnák, sőt lehetetlenné is tehetnék.

A modemegység és a hibavédelmi egység együttesen: az „adattovábbító berendezés". A modem a számítógépből érkező információkat analóg kódba teszi át, a fordított irányból érkező információkat digitális kódba ülteti. A hibavédelmi egység kiegyenlíti a zörejeket, amelyek az ilyen rendszerben rendszeresen jelentkeznek, ha az adatátvitel sebessége bizonyos határt meghalad. A továbbított impulzusok ugyanis összetevőkből állanak, amelyek különböző sebességgel haladnak: kis sebesség – pl. 1200 Baud/s – esetén az összetevők között képződött távolság még nem okoz zavart. Nagyobb adatátviteli sebesség – pl. 4800 Baud/s – esetén azonban az összetevők közötti távolságok már jelentős nagyságot érhetnek el, zavart okozhatnak. A hibavédelmi berendezés ezért kiegyenlítő tevékenységet végez: a korábban beérkező komponenseket addig késlelteti, amíg a később beérkező komponensekkel találkozhatnak. (A Baud adatátviteli mértékegység, ha egy átviteli ütemnek egy bit felel meg s-enként, akkor a bit/s-ben mért átviteli sebesség megfelel a Baudokban mért ütemfrekvenciának.)

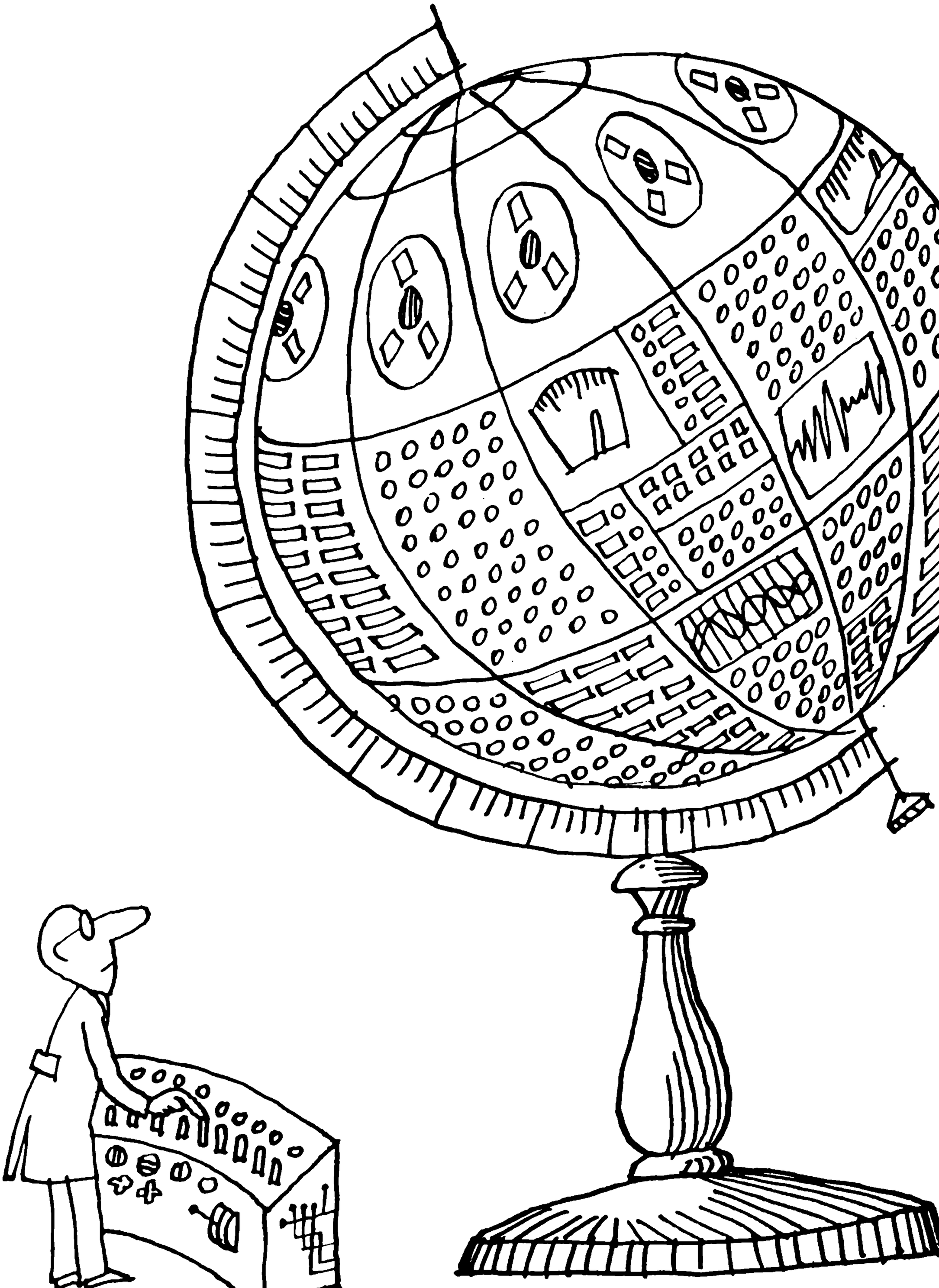

TELEFON

Az adatátviteli (adattovábbító) egység ezen túlmenő feladatokat is ellát: az átküldendő információt blokkokba „csomagolja", s ráadásul paritásbitekkel lát el minden blokkot, hogy megóvja őket a hibáktól. A paritásbitek rendszerint bonyolult, ciklikus (mindig ismétlődő) kód (képletsorozat) alapján képződnek. Az adatátviteli berendezés – azaz a modem és a hibavédelmi egység együttesen – alkalmas az adó üzemmódban való működésre, azaz üzeneteket küld a számítógépnek, de arra is, hogy vevő üzemmódban működjék, azaz üzeneteket vegyen föl a számítógéptől. Minthogy nemcsak számítógéphez, hanem különböző olvasó, lyukasztó stb. berendezésekhez is csatlakoztatható, ezért annak a kijelölése, hogy adó vagy vevő üzemmódban működjék-e, történhet manuálisan, de megoldható távvezérlés útján is. Ilyenkor az adatátviteli hálózat egyik végpontján álló adattovábbító berendezés vezérli az adatátviteli hálózat másik végpontján álló adattovábbító berendezést: olyan parancsokat küld, amelyek a vezérelt berendezést hol adó, hol vevő üzemmódra utasítják.

Egy óriási hálózat

Az Egyesült Államokban a számítógépek olyan együttműködő hálózatát építették ki, amely a Csendes-óceántól az Atlanti-óceánig ér. Ez a rendszer az ARPA. (A hálózat neve arra a kormányzati hivatalra – *A*dvanced *R*esearch *P*roject *A*gency – utal, amelynek feladata a hálózat megszervezése és kutatása.) Ez a hálózat a maga nemében páratlan a világon. Tudományos kutatóintézetek, üzleti vállalkozások, katonai intézmények vesznek benne részt. Az ARPA-rendszerben működő számítógépek különböző típusúak és nagyságúak. Összekötő vonalai között éppúgy megtaláljuk a telex- és telefonvezetékeket, mint a levegőt és a kozmoszt, amelyben a rádióhullámok utaznak. Jelenleg arra vonatkozó kutatások folynak, hogy ebben a gigantikus méretű, kozmikus „komputer vegyeskereskedés"-ben miképpen lehet olyan egységes elveket érvényesíteni, amelyek még biztosíthatják az egységes jelleget.

A hálózat résztvevői között találjuk a McLellan és a Tinker nevű légierő bázisokat, az amerikai szárazföldi hadsereg Belvoir nevű bázisát, az Egyesült Államok szeizmikus analizáló központját, a Globális Időjárás Központot, az Országos Oceanográfiai és Atmoszferikus Központot éppen úgy, mint pl. a Hawaii Egyetemet, az Amerikai Számítógép Egyesü-



lést, az amerikai hadsereg Kommunikációs Ügynökségét, az Egyesült Államok flottájának számítógépes Időjárás Központját, a Xerox kutatási laboratóriumait, az IBM-et. Kapcsolat létesült Norvégia szeizmikus hálózatának számítóközpontjával, a Londoni Egyetemmel. Hosszúra nyúlna a lajstrom, ha valamennyi résztvevőt föl akarnánk sorolni.

Ez a hálózat jelenleg mintegy félszáz kommunikációs csomópontot kapcsol össze. Egy-egy csomópontban egy vagy több számítógép helyezkedik el. Mindegyik csomópontban külön kommunikációs számítógép biztosítja a központ gépei és a hálózat összes többi gépei között az összeköttetést. Egy-egy ilyen kommunikációs csomópont tehát a hálózat kapujának tekinthető, amelyen az üzenetek beléphetnek a hálózatba, de ki is léphetnek onnan. A hálózat megvalósításával a fő cél az volt, hogy a tudományos kutatók együttműködését a legkülönbözőbb feladatok megoldásában tegye lehetővé. Ha egy kutató nem képes megoldani a maga problémáját annak a számítógépnek a segítségével, amely közvetlenül a rendelkezésére áll, akkor felkérheti a hálózat valamely másik nagyobb vagy speciális képességekkel rendelkező gépét a közreműködésre. Ha a saját „számítógép-irattár"-ában – azaz a saját számítógépe körüli „file"-jaiban a külső tárakon, a mágneslemezeken, a mágnesszalagon őrzött adatanyagban – nem talál elégséges támpontot a munkájához, akkor hozzáférést kérhet a hálózat más file-jaihoz. A hálózat segítségével egymástól több száz vagy több ezer kilométernyire dolgozó tudósok léphetnek kapcsolatba egymással, oldhatnak meg közösen problémákat: mindnyájan egy-egy megjelenítő készülék (display) előtt ülnek, amit közölnek a számítógéppel, amit a számítógép közöl velük, az mindannyiuk képernyőjén egyszerre jelenik meg, így bármelyikük bármikor beavatkozhat a folyamatba, egyszerre érintkezve kollégáival is, meg a számítógépekkel is.

Kutatások a hálózat segítségével

A hálózat segítségével nagy, sok laboratóriumot, sok kutatót megmozgató kutatási terveket, „project"-okat valósíthatnak meg olyan módon, hogy ami eredmény az egyik gép mellett keletkezik, az azonnal, késedelem nélkül közkinccsé válik a kutatási tervben dolgozó többi tudós számára is. Ha egy helyen valami probléma merül fel, arról nyomban tudomást szerezzenek a többi érdekeltek is. A hálózat létesítése sok előnyt kínál, közülük az ilyen közös kutatásokhoz fűzik a legtöbb reményt. Ám

a meteorológusok vagy a szeizmikus kutatásban érdekeltek is meg akarnak találni a maguk hasznát abban, hogy egy ilyen hálózat nagy mennyiségű, a gyakorlati élettel kapcsolatos számításokat bocsáthat rendkívül rövid idő alatt a rendelkezésükre. Ugyanez vonatkozik az üzleti vállalkozásokra vagy a katonai intézményekre is, bár az ő esetükben is a kutató laboratóriumok érintkeznek közvetlenül a hálózattal. Példaként megemlítjük, hogy a Londoni Egyetem kutatói – és azok a kutatók, akik a Londoni Egyetem összekötő gépe útján léphetnek kapcsolatba a hálózattal – olyan adatforrások közvetlen megnyílásával számolnak, aminő az ILLIAC-IV óriásszámítógép billió bites tára Amesban, a MEDLINE, az Amerikai Orvosi Könyvtár adattára, az Utahi Egyetem REDUCE néven ismert, algebrai problémák megoldására szolgáló programcsomagja, a Stanford Egyetem DENDRAL nevű programcsomagja, amelyek a hálózat nélkül egyébként elérhetetlenek lennének számukra.

Az ARPA – amint a fentiekből is kitűnik – erősen „projectorientált", nagy, szerteágazó kutatási programok lefolytatásának a meggyorsítását teszi lehetővé. Ilyen pl. az ún. beszédelemző program. Ez a Rank Xerox laboratóriumaiban folyik elsősorban. Olyan programot szerkesztenek, amely „magas strukturáltság"-ban, azaz a hangok elég nagy gazdagságát feltárva teszi képessé a számítógépet szavak megértetésére. Noha ez a program nem egyszerűnek tűnik, mégis elég nagyralátó. Egy hanglemezt ma már viszonylag egyszerű dolog „megtanítani" bármilyen hosszú és bármilyen erősen strukturált emberi beszéd megértésére. Ez közismert. A számítógép számára azonban az emberi hangokat a saját nyelvére kell lefordítani, azaz elektromos impulzusokká és impulzushiányokká kell átalakítani, márpedig e fordítás közben elvész a hang minden árnyalata, színe, egyéni sajátossága. A beszédelemző program éppen azt tűzi ki célul, hogy minél többet megmentsen a hangnak a digitális jelsorozattá történő fordítása közben veszendőbe menő gazdagságából. Ha ez csak olyan mértékben sikerül, hogy a hang e fordítás után is megérthető, felismerhető marad, vagy éppen annyira, hogy a hang birtokosa is felismerhető marad, akkor a számítógép a felvett hangminták kombinációi révén olyan szerkezeteket vezérelhet, amelyek leveleket írnak, beszédeket szerkesztenek meg és visznek hanglemezekre stb. Képzeljük csak el, hogy egy számítógép a maga külső táraiban őrzi egy politikus hangmintáit. Ebben az esetben elég elolvastatni vele egy gépelt szöveget, hogy ennek alapján máris hanglemezre vagy hangszalagra rögzíttesse a kész beszédet. Máskor viszont elegendő lehet diktafonba mondani egy levél szövegét ahhoz, hogy

az gépírással vagy éppen a hang birtokosának saját kezeírásával nyomban meg is jelenjék a papíron. Ilyen módon tízezer vagy százezer „saját kezűleg írt" levelet is könnyedén elő lehet állítani. Talán ennyi elég is annak érzékeltetésére, milyen előnyökkel járhat az, ha a számítógépet sikerül beidomítani majd az emberi beszéd megértésére. A Rank Xerox laboratóriumaiban egyelőre olyan berendezéseket építettek, amelyek a beszéd hanganyagát megszűrik, és nem hagynak meg belőle többet, mint amennyit egy 600 byte/s-es információáram felölelhet. Ennyi fut be a beszédfelismerő számítógépbe, és ennyivel is éppen elég nagy feladat megbirkóznia.

Fő céljuk annak felfedése, hogy a beszéddel kapcsolatba hozható irodai rutinmunkáknak mekkora hányadát lehetne rábízni számítógépekre. Egyedül a Rank Xerox laboratóriumaiban számítógépek, a hozzájuk tartozó lemezes és lézertárak egész serege áll a program szolgálatában, de ez sem elégséges, ezért veszik igénybe az ARPA-hálózatot is.

Egy másik ilyen nagy kutatási program, amelyen az ARPA-hálózat révén dolgoznak, az ún. „mesterséges intelligencia" kifejlesztésével kapcsolatos. Ezt a programot a Science Foundation (Országos Tudományos Alap) támogatja pénzügyi eszközökkel, mégpedig azok között a programok között, amelyeknek kiemelt, országos jelentőséget tulajdonítanak. (A program neve: RANN, *R*esearch *A*pplied to *N*ational *N*eeds, Országos Szükségletet Kielégítő Kutatás.) A kutatás fő színhelye a MIT (*M*assachussetts *I*nstitute of *T*echnology) Draper laboratóriuma, noha egyidejűleg más helyeken is folyik. A mesterséges intelligencia fogalmán ez esetben azt kell értenünk, hogy valamely robotot, amely mesterséges szemekkel – pl. televíziós kamerákkal – és mesterséges kezekkel stb. rendelkezik, olyan programmal lássunk el, amelynek segítségével az általa „meglátott" vagy más módon érzékelt tárgyakat osztályozni tudja; a robot ilyen osztályozó, megkülönböztető képesség birtokában elvégezheti pl. egy szerelő munkáját, bonyolult berendezéseket állíthat össze stb. Az ugyanezen a programon dolgozó SRI (*S*cience *R*esearch *I*nstitute, Tudományos Kutatóintézet) elsősorban problémamegoldásra és fogalomalkotásra akarja megtanítani a maga robotját. Ennek a robotnak nem az volna a dolga, hogy maga végezzen szerelő vagy más egyéb munkát, hanem csak az, hogy tanácsokat adjon az emberi operátornak, aki egy vezérlőasztalnál ülve elvégzi a szükséges tennivalókat. Egy másik laboratórium (ISI) ugyancsak az ARPA-hálózat segítségével tanulmányt készít arról, miképpen vehetné hasznát a mesterséges intelligenciának az amerikai hadügyminisztérium. A kutatás egyelőre arra a következtetésre

vezetett, hogy a katonák a különböző gyári termékek előállításában nem láthatnák különösebb hasznát a programozható szerelő berendezéseknek; ehelyett – úgy tűnik – lényegesen jelentősebbek azok a programozói módszerek, amelyek a mesterséges intelligencia kutatása közben mintegy melléktermékként állnak elő. Ezeket a termékellenőrzésben és más területeken használhatják előnyösen fel, így a molekuláris spektroszkópiában is, amiben pl. a National Institute of Health kutatói érdekeltek.

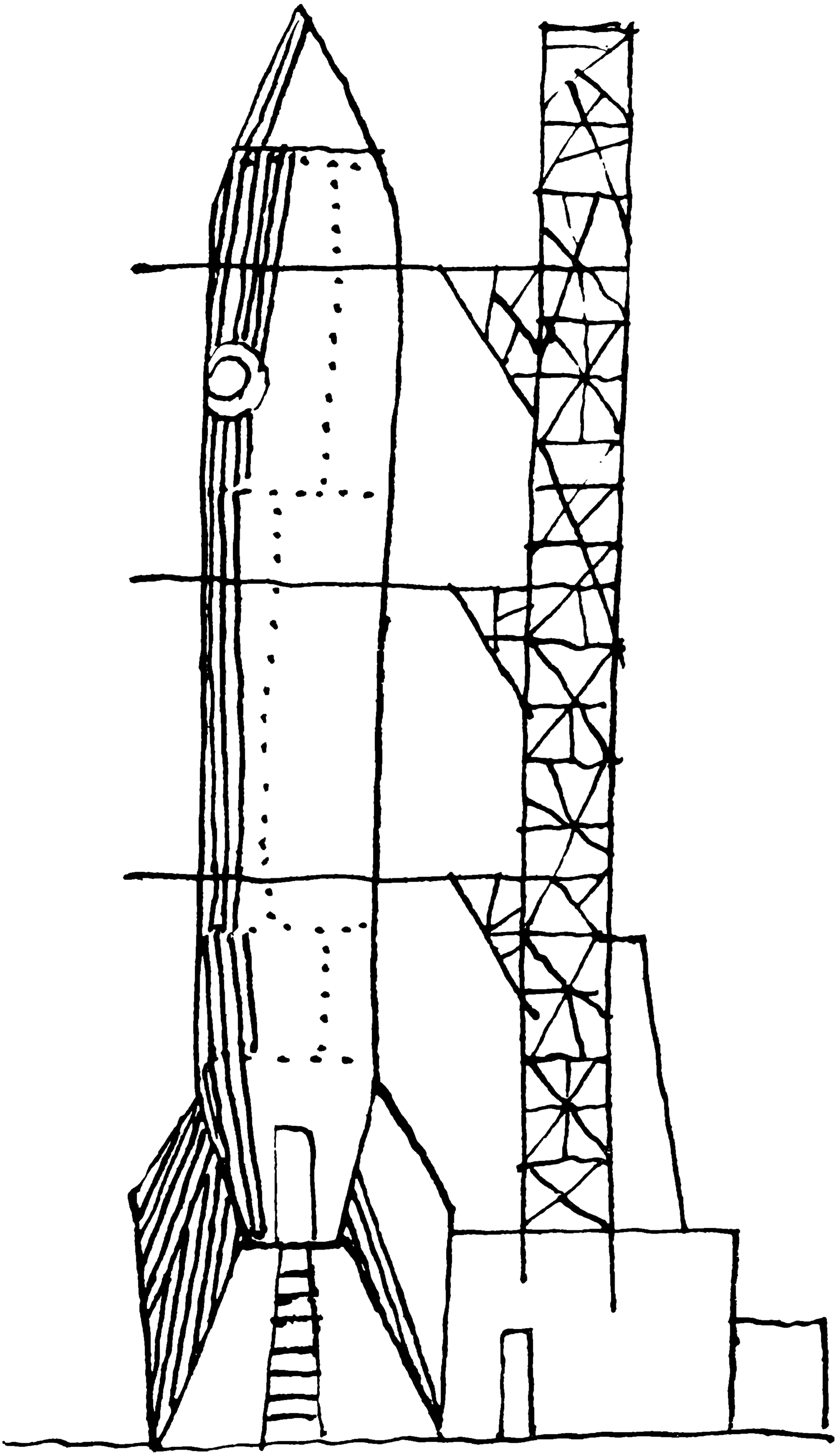
A hálózat kutatja önmagát/Különleges szolgáltatások

A legfőbb kutatási program, amelyen a hálózat segítségével dolgoznak: magával a hálózattal áll kapcsolatban. Ez az óriási hálózat: kutatja önmagát. Nem volt még példa arra, hogy hasonló méretű információs hálózatot valósítottak volna meg, azok a tapasztalatok, amelyek a korábban kialakított, viszonylag kisebb méretű hálózatok működése nyújt, itt hasznosíthatók ugyan, de a hálózat jellegéből és méreteiből fakadóan olyan problémák is jelentkeznek az ARPA esetében, amelyeket csak a hálózat nyújtotta óriási kapacitást igénybe véve lehet megoldani. Ez érthető is. Ez a hálózat nem azonos típusú számítógépekből, előre tervezetten épült ki, hanem úgy, hogy különböző típusú gépek különböző időpontokban csatlakoztak és csatlakoznak hozzá, és különböző csomópontjai között más-más lehetőségek állnak rendelkezésre az információ továbbítására. A hálózat gépei között megtaláljuk a Los Angeles-i Egyetem IBM–360/91-esét, a Lawrence Berkeley Laboratóriumok CDC–7600-as számítógépét ugyanúgy, mint a GE (General Electrics) vagy más gépeket. Ezek általában a nagy gépek családjába tartoznak, amelyek nagy belső tárral rendelkeznek. Közülük is kiemelkedik az ILLIAC–IV gép. Külön kutatások folynak annak megállapítására, hogy ezt az amesi számítógépgigászt miképpen lehet jól beállítani a hálózat szolgálatába, milyen szabályokat kell megállapítani a hálózattal való kapcsolatának fenntartására, milyen dokumentációra van ehhez szükség stb. A Kaliforniai Egyetem San Diego-i és davisi részlegein olyan számítógépeket működtetnek, amelyeken az ILLIAC–IV és a hálózat kapcsolatát szimulálják. Ugyanekkor a Nuclear Monitoring Research Office (A Nukleáris Kutatások Hivatala) és a NASA az amerikai űrkutatási ügynökség abból a célból folytat kutatásokat, hogy tisztázza, miképpen juttathatná a saját programjait a hálózat útján az ILLIAC–IV-re, futtatás végett.

E kutatások külön gondja, hogy összeállításában maga az ILLIAC–IV-rendszer is évenként vagy még gyakrabban változik. Ez a számítógép-gigász ugyanis maga is számítógép-hálózat, amely a maga nemében páratlan. Központi egységében tulajdonképpen 64 központi egységet találunk: 64 processzort, vagyis vezérlőegységet és aritmetikát, amelyek 64 memóriával rendelkeznek. Ez az összetett központi egység egy ún. I/O (input-output) számítógéppel áll kapcsolatban, amelynek az a dolga, hogy ezt a központi egységet összekösse a rendszer többi tagjaival. Ez az I/O számítógép tulajdonképpen egy közönséges számítógép multiplexor csatornájának szerepét tölti be, vagyis olyan csatornának felel meg, amely a számítógépet a perifériákkal köti össze. Ez esetben a feladat olyan nagyigényű, hogy külön, egy nagy számítógépet kell a megoldásához beállítani. Sőt ez sem elegendő, magát az I/O számítógépet egy Borroughs–6700-as nagyméretű számítógép vezérli. Ez az I/O számítógép tartja fönn a központi egység összeköttetését a lemezes tárakkal és a nagy lézertárral. Ez a nagy lézertár 10^{12}, azaz billió bitet foglal magába. Ebben az irgalmatlanul nagy adatdzsungelben két nagy számítógép igyekszik rendet tartani. Az I/O számítógép és a lemezek között egész sereg összekötő – kizárólag a kommunikáció szolgálatában álló – PDP–10 és PDP–11 jelű számítógép ver hidat. Maga az ILLIAC–IV-rendszer az állandó kísérlet időszakában van, gépeinek összeköttetéseit minduntalan változtatják, gépeket emelnek ki belőle, és új gépeket helyeznek el benne, egyszóval az egész rendszer képlékeny, változó. Nem működik állandóan, egyelőre csak néhány órán át tudják igénybe venni egy-egy alkalommal.

Ámde az ILLIAC–IV mindenképpen csak az egyik csomópontja a hálózatnak. Más csomópontjain pl. HOST (vendéglátó) számítógépeket találunk, az ILLIAC–IV-nél kisebbeket; ezek mintegy a középpontjában állanak az adott csomópontnak, több más számítógép csatlakozik hozzájuk, ők maguk pedig egy kommunikációs számítógép segítségével közvetlen összeköttetésben állanak a hálózattal. E kommunikációs számítógépeknek az a dolguk, hogy azokat a programokat, amelyek a különböző fajtájú HOST számítógépeken keletkeznek, és természetesen a legkülönbözőbb alakúak, közös nevezőre hozzák, és egységes alakban vigyék rá a hálózatra. Ez igen bonyolult szerkezeti megoldású programrendszert tesz szükségessé.

A kommunikációs számítógépeknek két alapvető fajtájával találkoztunk most. Az egyik *I*nterface *M*essage *P*rocessor (IMP), a másik a *T*erminal *I*nterface *M*essage *P*rocesszor (TIMP). Ezek a jelölések a hálózat-



ban teljesített szolgálattal, illetve a hálózat szabályaival állanak kapcsolatban, ezeket a szabályokat különböző gyártmányok is kielégíthetik. Mint IMP-k szolgálhatnak pl. Honeywell–316 vagy –516 jelűek, mint TIMP-ek ugyancsak a Honeywell–316 jelű és más gépek is, pl. az ún. PDK-k. Egy-egy ilyen IMP-hez több HOST számítógép is csatlakozhat, mégpedig helyileg vagy távolból, telefonvonalak útján. Ugyanakkor ugyanezekhez az IMP-ekhez más végállomások – vagyis távírógépek, megjelenítők stb.-k is csatlakoztathatók mind helyileg, mind pedig a távolból, telefonvonalon át. Végül ugyanezekhez az IMP-ekhez, illetve TIMP-ekhez más IMP-ek illetve TIMP-ek is csatlakozhatnak. Így azután az IMP vagy TIMP, amely közvetlenül kapcsolódik a hálózatba, HOST számítógépek és végállomások, továbbá más IMP-ek és TIMP-ek egész seregét köti össze.

Kutatják, miképpen lehet nagy átbocsátóképességű IMP-eket, ún. HSIMP-eket előállítani, amelyek viszonylag nagy megbízhatósággal egy nagyságrenddel nagyobb mennyiségű információt engednek át azonos időegység alatt, mint azok, amelyek kialakítását már eddig megoldották. Ez másodpercenként ötmillió bitnek felel meg. Ez a kommunikációs számítógép több processzort foglal magában, mindegyik processzor egyidejűleg több memóriához fér hozzá, az egész központi egység egy közös I/O processzor révén érintkezik a HOST számítógépekkel és a végállomásokkal, illetve a többi IMP, TIMP számítógépekkel.

Ezeket az IMP-eket általában – széles sávú – telefonvonalak kötik össze. Ám tekintettel arra, hogy a csomópontok egy része az Egyesült Államokon kívül, a tengereken túl helyezkedik el, pl. Hawaiiban, Londonban vagy Norvégiában, egy ún. SIMP (Satellite IMP) kifejlesztésén is dolgoznak. Ez a megoldás lehetővé teszi azt, hogy az üzenetek információtovábbító mesterséges holdat felhasználva közlekedjenek. Egy ilyen Satellite IMP-ben jóval több ütköző memóriára (csatlakozó tárra) van szükség, mint a közönséges kommunikációs számítógépben, ez esetben ugyanis össze kell gyűjteni, és viszonylag hosszú ideig kell őrizni az üzeneteket, mielőtt a mesterséges holdra juttatják azokat, de hosszabb őrzésükre van szükség azután is, hogy megérkeztek a mesterséges holdról. Ha csak viszonylag gyenge információáramról van is szó, pl. másodpercenként 9600 vagy 50 000 bit továbbításáról, már akkor is legalább 10 ütköző memóriát kell a gépbe beépíteni. Ámde csak az átlag, az ütköző memóriák száma 100-ra is emelkedhet, ha az üzenetek nagyon rövidek – és 3-ra is csökkenhet hosszú üzenetek és rövid távolságok esetén.

A SIMP és a mesterséges hold között rádióhullámok hordozzák az üzeneteket: a földi állomás két hullámhosszon sugározza az üzeneteket, és két másik hullámhosszon veszi őket. A csatornák elhelyezése különböző lehet. Amennyiben a forgalom nagy, de szimmetrikus (azaz mindkét irányban kb. egyforma), akkor minden csatorna felváltva mindkét irányban, vagyis felfelé is, lefelé is használható. Máskor egy csatornát a rövid üzenetek közvetítésére lehet biztosítani, ebben az esetben ezen a csatornán még marad hely olyan „metakommunikációs" utasítások továbbítására is, amelyek a másik csatorna „ütemezésére" vonatkoznak, miközben maga a második csatorna kizárólag hosszabb üzeneteket hordozhat vagy tartalékban maradhat. Mindkét stratégiának vannak előnyei, és vannak hátrányai is. A kutatások során számítógépes szimulálással vizsgálják: milyen eredményekre vezet az egyik, és milyenekre a másik stratégia alkalmazása.

A kommunikációs számítógépek operációs rendszereinek – felügyelő, működtető vezérprogramjainak – fejlesztése talán még nehezebb kutatómunkát jelent, mint a szerkezetük kidolgozása. Az operációs rendszernek olyannak kell lennie, hogy megbirkózzék az esetleges túlterhelés állapotával is. Intézkedéseket kell tartalmaznia a zárlat, a bénulás elkerülésére. (Amikor a kísérletek során egyszerre 12 csomópontos IMP-t működtettek, a hálózatban már igen nagy bonyodalmak keletkeztek.)

Az alapvető probléma ez esetben az, hogy a különböző számítógépek más-más programokat stb.-t alkalmaznak, s az IMP-ek az információk különböző formáinak egységesítésével nem tudnak teljesen megbirkózni. A különböző IMP-ekből kiáramló információk – tapasztalat szerint – hajlamosak arra, hogy „kölcsönösen megmérgezzék egymást". Az ezzel kapcsolatos kutatások jelentős eredménye egy ún. *R*esource *S*haring *Ex*ecutive (RSEXEC) (forrásmegosztó-felügyelő-program) kifejlesztése a TENEX PDP–10 jelű kommunikációs számítógépek számára. Ez nemcsak valamely címzett számítógéphez tudja feladni az üzenetet, hanem – ha kívánják tőle – meg is kérdezheti, hol vannak a hálózatban olyan felhasználók, amelyek egy speciális programban érdekeltek, s ezekkel címzés nélkül is összeköttetést tud létesíteni. Ugyanígy ki tudja kutatni azt is, hol vannak speciális adatanyagok (file-ok) a hálózatban, és ezekkel a file-okkal is összeköttetést tud teremteni külön címzés nélkül. Így alkalmas arra, hogy a hálózat azonos tartalmú, speciális file-jait egyetlen virtuális file-ba kapcsolja össze, és bármelyik érdekelt felhasználó részére hozzáférhetővé tegye. Ha pl. egy geodéziai kutatónak Londonban spe-

ciális szeizmikus mérések eredményeire van szüksége, elegendő magát a kívánságot közölnie, s a TENEX PDP–10 fölkutatja számára a hálózatban mindazokat a file-okat, amelyekben ezek az adatok fellelhetők.

A kommunikációs számítógépek „csomagolt" biteket továbbítanak a telefonvonalakon: összegyűjtik, ellenőrzőbitekkel látják el a biteket, továbbá olyan adatokkal, amelyekből kitűnik, hol van a feladó, hol van a címzett stb. Egy-egy ilyen csomag 1000–1000 bitből áll, ehhez járul a „fejléc". A fejléc előírásokat tartalmaz az útvonalra vonatkozóan is. Ha valamelyik vonal működésképtelenné válik, az útvonalra vonatkozó utasítások automatikusan megváltoznak, alternatív útvonal jelölődik ki. Az IMP-ek ütköző táraikban 8000 bitnyi információt gyűjtenek össze, amennyiben az információáram folyamatos, és ezeket 8 csomagra osztva továbbítják. Egy-egy csomag 1000 bitnyi hossza azonban csak a lehetséges felső határ: az üzenet lehet rövidebb is, amennyiben az információáram nem folyamatos. Az üzenetek nagy része rövidebb, mint 1000 bit. A bitek száma átlagosan nem haladja meg egy-egy csomagban a 64–256-ot. Ha a hálózatban a „remote computing", a távoli végállomásokról interaktív üzemmódban való működtetés megélénkül, a forgalom ugrásszerűen megnövekedik. A csomagok továbbítási sebessége lassú: tizedmásodpercekkel mérhető, amennyiben szárazföldi IMP-ek érintkeznek egymással, de 0,5 s-et is igényel, ha műholdnak is közbe kell lépnie.

Számos kutatócsoport munkálkodik annak felderítésén, hogy milyen összefüggés van az üzenetek hossza és az üzenetekre adott válaszok időkülönbségei között. Kutatják, milyen jellegű üzenetek mekkora válaszidőt igényelnek. Jellemző üzenetpárokat állítanak össze ilyen módon, dialógusmodelleket szerkesztenek, és osztályozzák őket.

A kutatások egy része azzal függ össze, miként lehet rádióhullámokon továbbítani az üzenetcsomagokat: hogyan lehetne minél kevesebb rádiócsatornán továbbítani a jeleket, illetve hogyan hasznosíthatnák ezt a kevés rádiócsatornát olyan dinamikus rendszerben, amelynek minden egyes csatornájában ott folyik információáram, ahol éppen szükség van rá. Ez esetben az információ közlekedtetésére az éppen szabad csatornát kell igénybe venni, a feladó állomásokon automatikusan jelezni kell a csatornák foglaltságát. A csomagoknak rövideknek kell lenniük, hogy az ütköző memóriákban történő hosszadalmas őrzésük ne váljék szükségessé. Mindenesetre szükség van az útvonalon ismétlő berendezésekre, amelyek a feladó és a címzett között fogadják, felerősítik és továbbítják az üzeneteket. Az is elképzelhető, hogy egy ilyen „packet radio" háló-

zatot elvileg csillag alakban alakítanak ki: minden üzenet befolyik egy központi állomásra, és onnan indul el a címzetthez. A rádiócsatornák másodpercenként 100 000 bitnyi információt továbbíthatnak, ám gondot okoz, hogy mivel rádióhullámok, „mindenki mindent hallhat", ezért mindig külön meg kell győződni arról, hogy a feladott üzenet ténylegesen eljutott-e a címzetthez. Meg kell oldani a „nyugtázás"-nak, a vétel elismerésének a kérdését.

Rend csak akkor van a hálózatban, ha olyan adatkezelési rendszert sikerül teremteni, amelyeket az összes IMP-eknek be kell tartaniuk – azaz amely az összes IMP-ek operációs rendszereinek megfelel. Ezzel kapcsolatban komoly kutatások folynak.

Külön kutatócsoportok foglalkoznak azzal a kérdéssel, hogy a csomópontok összekapcsolásán kívül milyen külön szolgáltatásokat nyújthat a hálózat tagjainak. Ilyen lehet pl. a postaládaszolgálat. Ennél a megoldásnál a felhasználók tetszés szerinti időpontban férhetnek hozzá azokhoz az üzenetekhez, amelyeket a „postaládában" (azaz lemezes- vagy dobtáron stb.) tárolnak számukra. Emellett az egyes csomópontok, illetve a csomópontokon belül az egyes számítógépek külön szolgáltatásokat nyújthatnak, bérleti alapon. Különleges számításokra bérelhetik ki a hálózat résztvevői pl. a Los Angeles-i Egyetem, vagy a Kaliforniai Egyetem IBM–360/91 és IBM–360/75 jelű gépeit. A Dél-kaliforniai Egyetem „képdigitalizáló szolgálat"-ot tart fenn (ez képeket bont fel bitekre, azaz tesz alkalmassá számítógéppel történő feldolgozásra).

Más hálózatok

Jelenleg az ARPA-hálózat az állandó kiépülés, kísérlet stádiumában van. Ismeretesek más hálózatok is, ilyen pl. az Egyesült Államokban az ALCHA–hálózat (a Hawaii Egyetemen), továbbá a US General Electric és a TYMESHARE.

A CNET keretében a kanadai Ontario Egyetemen működik egy hálózat, amely összeköttetésben van az Ottawai, a Waterlooi és a Torontói Egyetemekkel. Ugyancsak Kanadában Ottawára és Montrealra kiterjedő hálózatot épít Bell Northern. Az ún. MERIT-hálózat Michigan államot, Maine államot és a Michigani Egyetemet öleli fel.

A francia CYCLAD-ban CII–10 070 gépek működnek (egyesek a CII laboratóriumaiban, mások Párizsban, Grenoble-ban, Rennes-ben, Tou-

louse-ban és máshol), ennek kisebb rokona Magyarországon is ismeretes (a CII–10 010 licencét vásárolta meg a Videoton, ennek alapján fejlesztette ki az 1010 B típust). A francia hálózat elsősorban a francia közigazgatás szolgálatában áll. A magánvállalkozások saját hálózatairól (pl. légitársaságok helyfoglaló rendszereiről stb.) nem kívánunk itt beszélni. Megjegyezni kívánjuk, hogy az USA és Nyugat-Európa hálózatai összekapcsolásának mikéntjét kutatják. A kutatásokat az International Network Group, a Nemzetközi Hálózatkutató Csoport hangolja össze.

Angliában a National Physical Laboratory számítógép-tudományi osztálya olyan nagy hálózat elveit dolgozta ki, amelyben csomópont-számítógépek működnének, és maga a központi számítógép-rendszer tulajdonképpen e csomópontok hálózataként valósulna meg. A terminálok – „intelligencia nélküli" és „intelligens" terminálok – maguk egy ütköző számítógépre – interface komputerre – küldenék rá az adatokat. Ennek az interface komputernek ez esetben adatápolási és „közlekedési rendőri" funkciói lennének: egyrészt bizonyos átdolgozásokat hajtana végre a hozzá beérkező adatokon, hogy azok a központi számítógép-rendszer követelményeinek megfelelő alakot öltsenek, másrészt sorba is állítaná az adatokat, hogy prioritási szintjeik szerint fussanak rá a csomópont-számítógépre. Több ütköző számítógép is csatlakozhatnék egy csomópont-számítógéphez. A csomópont-számítógép azután megvizsgálná a hozzá küldött feladatot: egyezik-e a kapacitásával vagy sem. Ha egyezik: maga megoldaná, ha nem, tovább küldené, mégpedig ahhoz a számítógéphez, amelynek az adottságai legjobban igazodnak a feladathoz, illetve amelyben éppen akad „üres" hely. Ha pl. a feladatban sok az aritmetikai művelet, akkor esetleg helye lehetne olyan számítógépben, amely viszonylag sebes működésű aritmetikával, bár esetleg kisebb befogadóképességű operatív tárral rendelkezik; ha a feladat nagy adattömegek belső tárolását teszi szükségessé, amelyeken viszonylag kevesebb számítási-logikai műveletet kell végrehajtani, akkor olyan számítógépben ülhetne le, amelyben nagy kapacitású a tár, bár esetleg az aritmetikája nem száguldó.

Táv-adatfeldolgozás Magyarországon

Hazánkban az első táv-adatfeldolgozó rendszert az Országos Tervhivatal Számítástechnikai Központjában állították üzembe az ICL System–4/70 géppel. A Számítástechnikai Koordinációs Intézet is az elsők között

hozott létre táv-adatfeldolgozó hálózatot. Ennek a központjában az OMFB Martinelli téri székházában felállított Siemens–4004/45 számítógép állott. Az egyes perifériák vagy távíró-, vagy telefonvezeték segítségével érintkezhettek a számítóközponttal. Közvetlenül az adatátviteli berendezések lökték rá a jeleket a vonalra, illetve a vonalról ugyancsak közvetlenül az adatátviteli berendezések vették fel a jeleket. Amennyiben az összeköttetés távíróvonalon történt, a csatolást TRANSDATA adatátviteli csatolóegységekkel oldották meg. Egy-egy – TRANSDATA típusú – adatátviteli csatolóegységgel 8 távíróvonal egyidejű csatolását tudták biztosítani. Amennyiben az összeköttetést telefonvonallal valósították meg, a digitális információt TRANSDATA típusú MODEM-mel alakították át „hangfrekvenciás", azaz folytonos elektromos jelsorozattá, illetve alakították vissza digitális jelsorozattá a folytonos jeleket. A hálózat végállomásaiként (adatvégállomásaiként) display, távgépíró működhetett. Az adatátvitelt a Magyar Posta távíró- illetve telefonvonalait felhasználva valósították meg.

A Magyar Posta egyébként rendszeres szolgáltatásokat vezetett be, hogy a számítógépes táv-adatfeldolgozást lehetővé tegye: telex- és távbeszélővonalakat bocsát rendelkezésre. Ez elvileg kétféle módon történhet: a Posta vonalakat ad bérbe, vagy pedig a nyilvános telex-, illetve távbeszélő-hálózat vonalait bocsátja rendelkezésre. A DATEX-hálózat: a számítógépes adattovábbító berendezéseket kiszolgáló külön telexhálózat. A DATEX-hálózat nem a „normális" telexgépek számára biztosított, hanem annál bővebb jelkészlettel dolgozik. A közönséges távírógépek csak 64 jel között válogathatnak, a számítógép jeleit továbbító berendezések 128 jel között. Erre azért van szükség, mert nemcsak kis- és nagybetűket kell továbbítani, hanem olyan vezérlő- és más jeleket is, amelyek az adatátvitelben, adatfeldolgozáskor szükségesek. A rendszerben alkalmazott telexgépek adó-, ill. vevősebessége is nagyobb, mint a hagyományos telexeké: nem a megszokott 110 Baud, hanem 600 Baud.

A Szovjetunióban is számos táv-adatfeldolgozó hálózat működik, amelyek részben tudományos intézmények, részben pedig vállalatok és hivatalok berendezéseit kapcsolják össze egymással, s az adatok forgalmát és feldolgozását a gazdasági stb. ágazatokban vertikálisan, vagy egy-egy területen horizontálisan teszik lehetővé. Más szocialista országokban is működnek táv-adatfeldolgozó hálózatok. Az ESZR (*E*gységes *S*zámítástechnikai *R*endszer) kiépülése lehetővé teszi, hogy a szocialista országokban nemzetközi méretű táv-adatfeldolgozó hálózatokat alakítsanak ki.

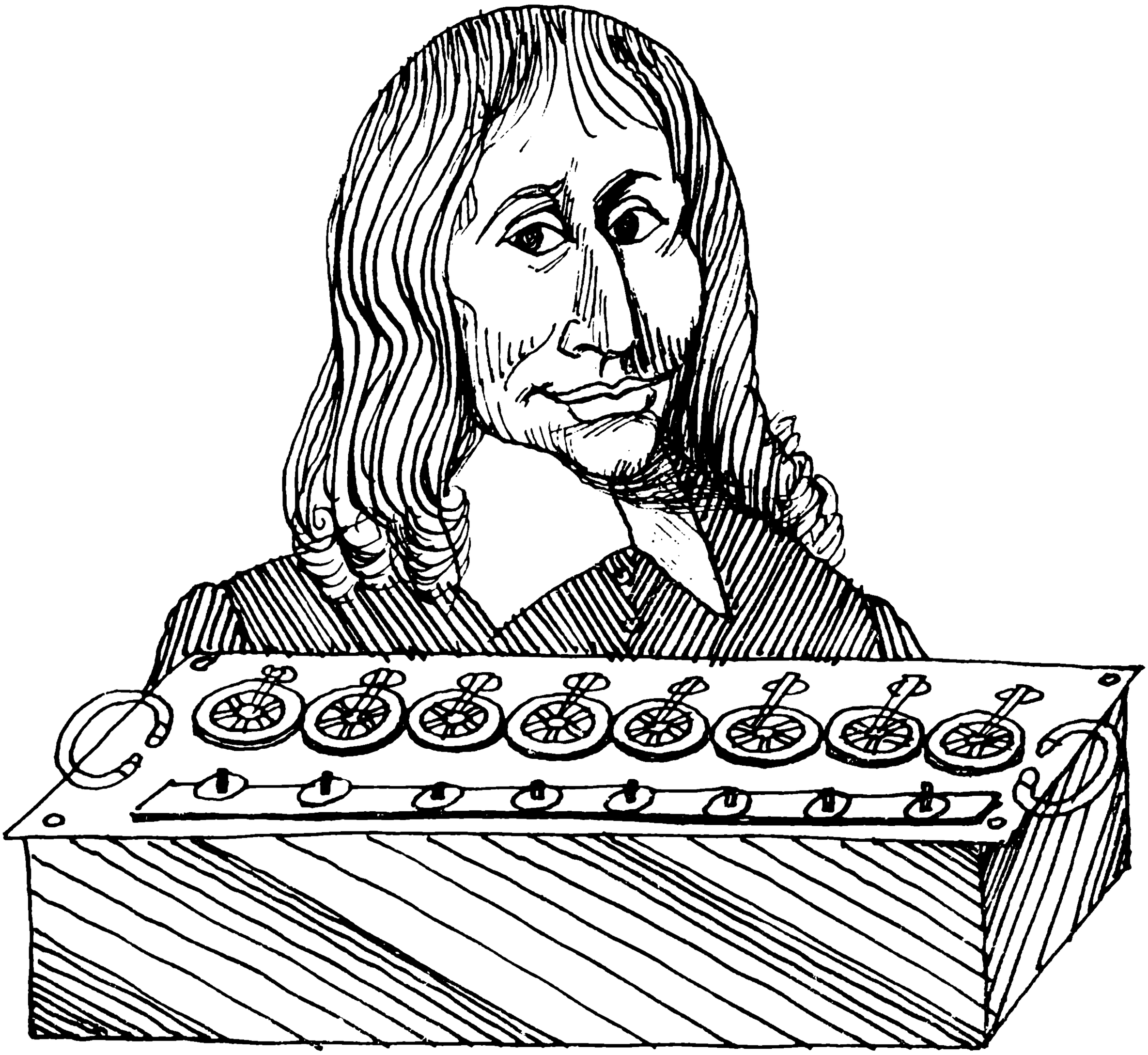
5 | A SZÁMÍTÓGÉP MÚLTJA, JELENE, JÖVŐJE

A választóvonal

Megkíséreljük, hogy különbséget tegyünk „asztali számítógépek" és számítógépek, vagyis komputerek között. Csak néhány esztendővel ezelőtt is egyszerű volt még az ilyen különbségtétel. Éles, jól megvonható volt a határ. Ámde a fejlődés átgázolt a választómezsgyén, úgyszólván felismerhetetlenné rombolta. Közel kell hajolnunk hozzá, hogy felderíthessük.

Az asztali számítógépek ősét, az első asztali összeadógépet még *B. Pascal* (1623–1662) találta fel 1642-ben, más adatok szerint 1641-ben, illetve 1641–1644 között, hogy megkönnyítse édesapjának, a normandiai adóhivatalnoknak fáradságos munkáját, amely teherként nehezedett estéire is. Pascal számológépében fogaskerekek elmozdulásai feleltek meg a számoknak. Az egyik fogaskerék az egyesek számlálására szolgált. Ezen egy fognyi elmozdulás egyet, két fognyi elmozdulás kettőt jelentett stb. Ehhez a fogaskerékhez illeszkedett egy második fogaskerék a tízesek számlálására. Az egyeseket számláló kerék tíz fognyi elmozdulása kiváltotta e kerék egy fognyi elfordulását. Hasonló módon lehetett beépíteni a szerkezetbe a százasok, az ezresek stb. számlálására szolgáló kerekeket is. Pascal szerkezetében két számláló kerék elfordulása megfelelhetett két összeadandó számnak, és ha egy harmadik kerék reagált mind az első, mind a második kerék elfordulására, akkor e harmadik kerék elmozdulása nyomán mintegy az összeadás eredménye képződött. Ilyen módon Pascal számológépe alkalmas volt az elemi összeadás művelet elvégzésére. Ez viszont mind a négy alapműveletnek a képviseletére alkalmassá tette, hiszen valamennyi alapművelet visszavezethető az összeadásra. A kivonás: fordított összeadás; a szorzás: összeadások sorozata; az osztás pedig megfordított szorzás, véghezvitelére elegendő az ellenkezőjére változtatni a fogaskerekek forgásának az irányát.

Azt az alapelvet, amely Pascal gépében testet öltött, máig is felhasználják az asztali számológépekben. Később *Leibniz*, azután pedig *V. T. Odhner* pétervári műszerész számológépeiben ugyanez az alapelv érvé-



nyesül, sőt még az elektromos asztali számológépekben is, igaz, hogy megváltozott technikai kivitelben. Így tehát azt mondhatjuk, hogy Pascal olyan alapelvet fedezett fel a számológép működtetésére, amely nemcsak G. W. Leibniz (1646–1716) szorzógépében (1673–1674), Odhner mechanizmusában, majd *J. Thomson* és *A. Ny. Krilov* berendezéseiben érvényesült, hanem mindmáig minden „kalkulátor"-ban. Amíg csak ezekről az asztali számológépekről esik szó, addig semmi akadálya sincs annak, hogy közöttük és az elektronikus számítógépek között a következő két különbséget jegyezzük meg. Először is: az asztali számológépek *mechanikusak*, azaz működésük közben olyan alkatrészek mozdulnak el bennük, amelyeknek mozgása súrlódással jár, ezzel szemben az elektronikus számítógépekben az *elektronika* uralkodik, vagyis elektromos állapotok,

mágneses állapotok, elektromágneses állapotok változnak meg bennük, amit nem kísér súrlódás. Nem kell magyarázni, hogy a mechanikai súrlódás kiküszöbölése milyen fölényt biztosít az elektronikus számítógépeknek a működés sebességében. Másodszor: az asztali számológépek általában *csak egy-egy művelet*, esetleg *egy-egy műveletsorozat* önműködő elvégzésére képesek, ezzel szemben az elektronikus számítógépek *programozhatók*, vagyis mindazon műveleteket el tudják végezni önműködően – az ember közreműködése nélkül –, amelyeket a program magában foglal. Ez utóbbi az alkalmazhatóság tekintetében biztosít fölényt az elektronikus számítógépeknek: a program bonyolult feladatok megoldását írhatja elő úgy, hogy közben sok ezer vagy éppen sok millió műveletet végezzen el automatikusan a gép, anélkül, hogy megállna, és az ember új utasítását kérné.

Programozható kalkulátor

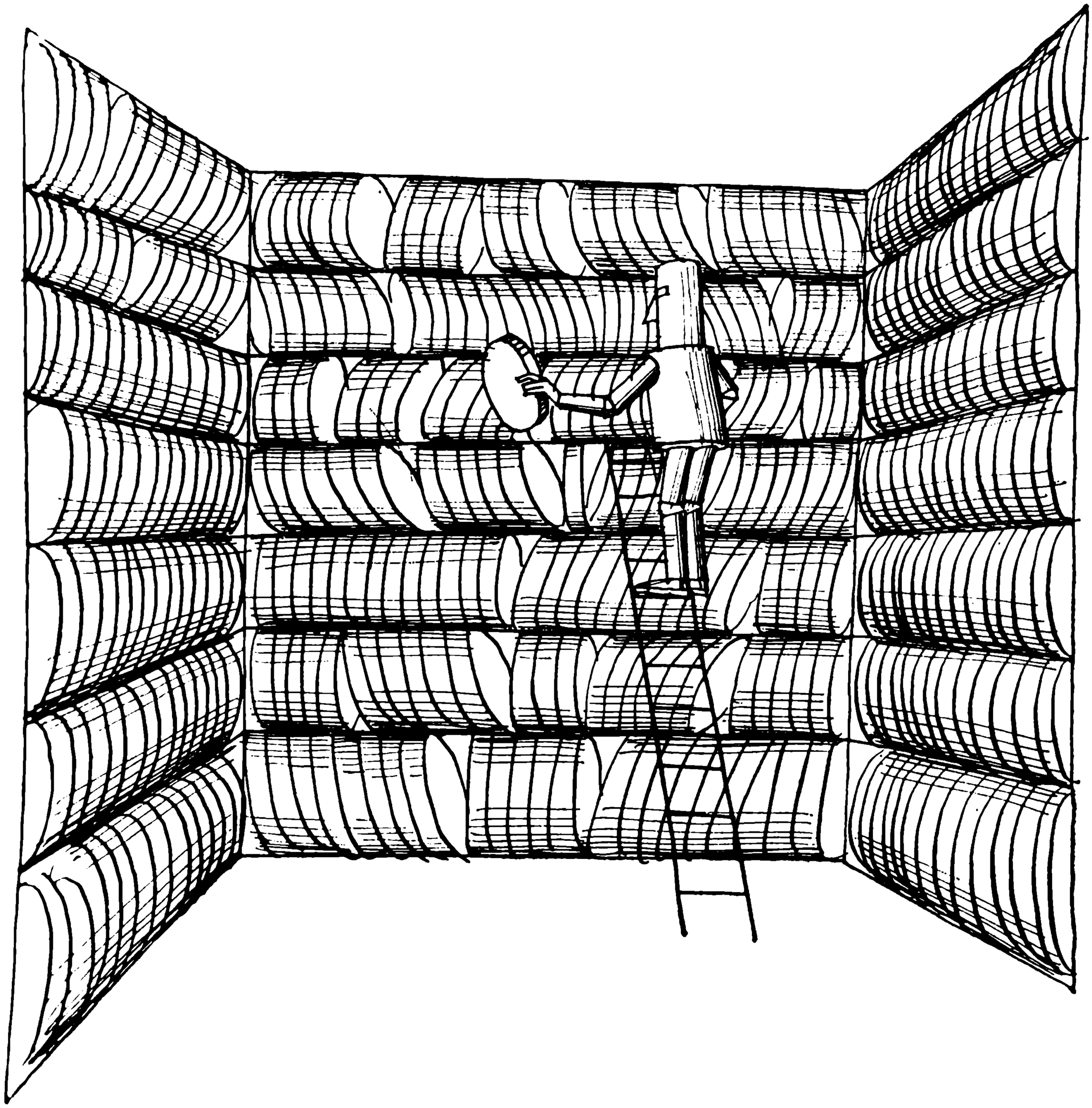
Ám – amint említettük – korántsem lehetünk ilyen magabiztosak a választóvonal kijelölésében akkor, ha az újabban megalkotott asztali számológépeket, kalkulátorokat vetjük össze az elektronikus számítógépekkel. Az 1960-as évek végéig az asztali számológépek, a kalkulátorok többsége nem volt elektronikus, legfeljebb elektromos meghajtású, és noha nem egy közülük felvette – s joggal – az „elektronikus kalkulátor" elnevezést is, mégsem tudott többet, mint viszonylag rövid műveletsorozatot elvégezni egy-egy, az ember által adott utasításnak megfelelve; e műveletsorozatok általában a négy számtani alapművelet kombinációiból állottak. Ettől kezdve azonban megjelentek az olyan *elektronikus kalkulátorok*, *amelyekbe már programot* is bevihettek. Ez a program rendszerint lyukkártyán, esetleg lyukszalagon, leggyakrabban azonban mágneses tárolólemezre feljegyezve kerül be a kalkulátorba. Az ilyen programozható kalkulátor olykor műszaki rajzok olvasására is képes, más esetben alkalmas arra, hogy nyomtató egysége segítségével kinyomtassa működésének eredményeit. Az elektronikus kalkulátorba, miközben a programot lyukkártyáról, lyukszalagról vagy mágneslemezről stb. olvassák be, azokat az adatokat, amelyeket a program segítségével fel kell dolgoznia, kézzel, billentyűzet segítségével táplálják be. Nem egy elektronikus kalkulátor alkalmas arra is, hogy displayen jelenítse meg az éppen betáplálandó adatokat vagy az általa kiszámított eredményadatokat.

Az ilyen elektronikus kalkulátorban ugyanolyan modern elektronika található, mint a számítógépek belsejében. Megjelenik benne az integrált áramkör, szerkezeti elemei az integráltságnak ugyanazt a fokát tükrözik, amelyet a számítógépekben találhatunk (a legmodernebbekben ún. nagyfokban integrált, vagyis LSI áramköröket találunk). Az integrációval kapcsolatos legfejlettebb technikai eljárások ugyanúgy alkalmazásra találnak bennük, mint a számítógépekben.

Ezek a kalkulátorok viszonylag olcsók. Szakértők becslései szerint emiatt nemsokára annyira elterjedtekké válnak, hogy minden diák úgy használja majd őket az egyetemen, ahogy manapság a logarlécet, sőt betörnek a háztartásokba, a háziasszonyok szolgálatába is szegődnek, végül is nem lesznek majd drágábbak, mint holmi hordozható írógép.

Ha tehát a modern kalkulátor elektronikus is, meg programozható is, akkor miben különbözik az elektronikus számítógéptől, miért és miben kell egyáltalában megkülönböztetnünk az elektronikus számítógéptől? A különbség még mindig igen jelentékeny maradt, s ezért – úgy gondolom – szükség van a meghatározására. A kalkulátorban az elektronika csak bizonyos alkatrészekben uralkodik, és az elektronika biztosította nagy sebességű működést minduntalan megszakítják a kézzel működtetett mechanikus alkatrészekkel végrehajtandó lassú folyamatok. Az elektronikus kalkulátor programozhatósága erősen korlátozott, csak néhány nagyon egyszerű programot tud befogadni; ezzel szemben az elektronikus számítógép rendkívül bonyolult feladatok megoldási programjainak a futtatására is alkalmas; az elektronikus számítógép elvileg „korlátlanul" programozható, ami annyit jelent, hogy minden olyan programot, amelyet egyáltalában elkészíthetünk (elvileg mindazok a folyamatok, amelyek mozzanatainak egymásutánja megállapítható, vagyis amelyek algoritmizálhatóak, programozhatók is), be tudnak fogadni, és végre tudnak hajtani.

A programozható kalkulátorok típusainak száma rohamosan gyarapodik. Egyikük a Wang–2200. Röviden ismertetjük tulajdonságait – ezzel egyben eléggé általánosítható képet is adunk e készülékekről. E programozott kalkulátornak éppen úgy van memóriája, mint a miniszámítógépnek, s nem is kisebb. A memóriája 4 K szót fogadhat be, modulrendszerű, és így – szükség szerint – 32 K-ra egészíthető ki. Ez a memória abban különbözik a miniszámítógépétől, hogy csaknem teljesen „huzalozva" van, azaz csaknem kizárólag „beépített" műveleti elemeket őriz, szemben a miniszámítógép és persze általában a számítógép memóriájával, ez



utóbbi éppen ellenkezőleg, csaknem teljesen „üres”, és tetszés szerint tölthető meg programokkal. A kalkulátorban a beépített, a huzalozott műveletek módosítására csak igen kis lehetőség van. Erre a célra egy nagyon egyszerű, ún. BASIC (*B*eginners *A*ll-purpose *S*ymbolic *I*nstruction *C*ode) programnyelv szolgál. A módosításhoz rendszerint elegendő egyetlen billentyűt lenyomni a programozott kalkulátor billentyűzetén. Más egyszerű utasítások is rendszerint egyetlen billentyű lenyomásával közölhetők a géppel, így pl. az az utasítás is, hogy nyomtassa ki az eredményeket.

A kalkulátorhoz display tartozik, amely 16 sorban tudja kivetíteni mind a bevitt adatokat, mind pedig az eredményeket. Egy-egy sorban 64

karakter (betű, szám, írásjel stb.) foglalhat helyet. A display segítségével a kezelő állandóan figyelemmel kísérheti, hogy hol tart valamely feladat megoldásában.

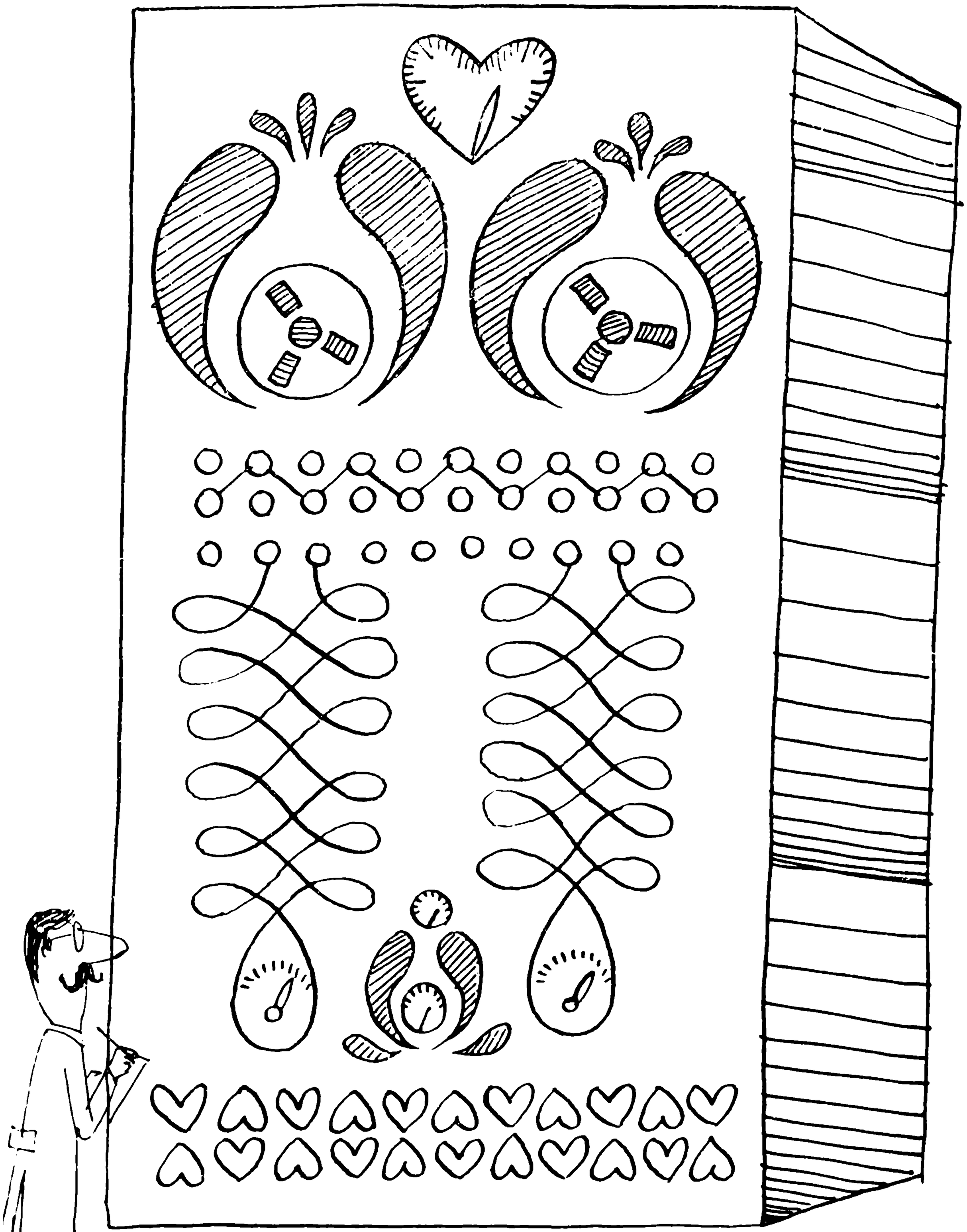
A kalkulátorhoz tartozó programkönyvtár mágnesszalagokra írt programjait, illetve azokat az adatokat, amelyeken valamely programot végre kell hajtani, kazetták őrzik. Ezeket a mágnesszalagokat újra írni, törölni, módosítani lehet. A programkönyvtárban való keresgélést – valamely programnak, valamely adatnak vagy adattömbnek a kikeresését – a kazetta-meghajtóművek teszik lehetővé. A meghajtóművek száma bizonyos határig tetszés szerint növelhető. A kalkulátorhoz gyorsnyomtató készülékek is tartoznak. Ugyancsak tartozéka a rendszernek az elektromos írógép is, továbbá egy egyszerű rajzolóberendezés, amelynek segítségével különböző nyomtatási, levél stb. formák alakíthatók ki, hogy azután a gyorsnyomtató segítségével annyi „eredeti" példány készüljön el, amennyi szükséges.

A Wang–2200 ilyenformán sem teljesítőképességben, sem hajlékonyságban, sem rugalmasságban nem versenyezhet a miniszámítógépekkel. Állandóan igényli az ember beavatkozását, ellenőrzését. Egy-egy műveletsorozat – egy-egy rövid program – végrehajtása után az embernek kell eldöntenie, melyik újabb programot hajtatja végre, hogy előbbre jusson feladatának a megoldásában. Ezzel szemben összehasonlíthatatlanul olcsóbb (nem kerül 7000 dollárba), mint egy „igazi" számítógép, s az árához képest a teljesítménye nagyon jelentős.

Magyarországon is gyártanak programozható elektronikus kalkulátorokat.

Az Elektronikus Mérőkészülékek Gyára EMG–666 jelű programozható asztali számológépének kétféle memóriája van: csak olvasható (ROM, *R*ead *O*nly *M*emory) és az operatív (RAM, *R*andom *A*cces *M*emory, véletlen elérésű vagy közvetlen) memóriával. A ROM memóriába egyszer és mindenkorra, megváltoztathatatlanul beépítik, „beégetik" azokat az utasításokat, amelyek a leggyakrabban alkalmazott számolási logikai műveletek végrehajtásához szükségesek, az operatív memóriát viszont szabadon előállított programokkal tölthetik meg. Ezeket a programokat magasszintű programozási nyelveken fogalmazhatják meg, ami nagy könnyebbséget biztosít. Utasítások közölhetők a billentyűzet útján is.

Az operatív tárban 2000, egyenként 4 bites utasítás, illetve adat fér el. Az operatív tár egy nyomtatott áramköri kártyán helyezkedik el. Ha bő-



víteni akarják, új kártyákat tehetnek mellé. Így 4 bites információból 8000, illetve 16 000 helyezhető el benne. A tár egy részében adatok, más részében programutasítások helyezhetők el, a két rész közötti határvonal tetszőlegesen húzható meg. Az operatív tár kiegészítésére szolgál a beépített kazettás magnetofon, – vagyis olyasféle mágnesszalagos tár, aminőt a rendes számítógép központi egységén kívül, külső tárként alkalmaznak. A rendes számítógépekben az ilyen tár semmiképpen sem felelhetne meg ahhoz, hogy a központi egységben, magában az adatfeldolgozásban használják fel, hiszen viszonylag lassú. Itt azonban jól megteszi. Egy-egy kazettában mintegy 20 000 utasítás helyezkedhet el, maga a szalag 4,75 cm/s-enkénti sebességgel pörgethető. A ROM memória is meghosszabbítható olyan, szintén ROM felépítésű „szubrutin doboz"-okkal, amelyek 4 bites utasításból maximálisan 2000-et tartalmaznak. Ezek különböző feladatok megoldási programjai lehetnek.

E programozható számológéphez különféle külső berendezések, perifériák csatlakoztathatók: külső magnetofon, írógép, sornyomtató. Így a géprendszert feladatorientáltan, a helyzethez szabott módon lehet kiépíteni, emellett a feladatok változásával magát a konfigurációt (kiépítést) is változtatni lehet.

A számítógéphez alfanumerikus katódsugárcsöves megjelenítő is csatlakoztatható, ez négy sorban, soronként 16 karaktert (betűt, számot, írásjelet) tud megjeleníteni. A megjelenítő alkalmas arra is, hogy kivetítse a gép regisztereinek tartalmát; ez lehetővé teszi annak a vizuális ellenőrzését, hogy hol tart valamely feladatnak, programnak a betáplálása a gépbe, illetve mi folyik magában a gépben.

Az ilyen számológép viszonylag gyorsan működik, egy-egy összeadás vagy kivonás végrehajtásának időtartama 300–500 milliomod másodperc, egy-egy szorzásé 2–5 ezredmásodperc. A logaritmus kiszámítása, illetve a hatványozás átlagosan 15, a gyökvonás 25 ezredmásodpercet vesz igénybe.

Hibrid számítógépek

Előállítanak olyan számítógépeket is, amelyek egyesítik a digitális és az analóg működést. Ezek kidolgozása során igyekeznek kihasználni mind a digitális, mind az analógiás működési elvek legelőnyösebb tulajdonságait. A digitális gép lépésenként hajtja végre a műveleteket, a programjában

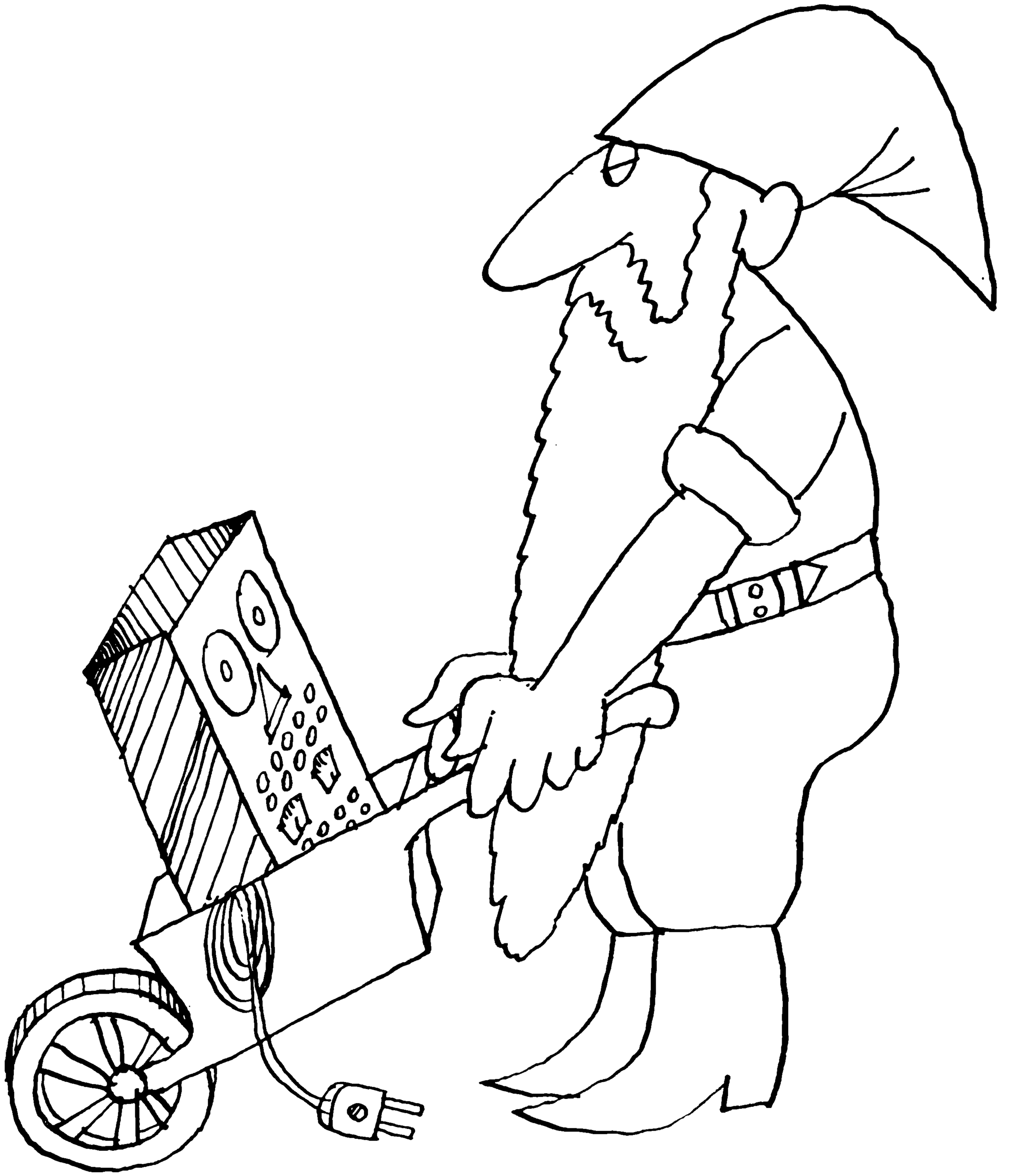
lépésekre kell lebontani a megoldást, és a gép maga kénytelen megvárni valamely előző műveletsorozat eredményének kialakulását, mielőtt a következő műveletsorozatra rátérhetne. Ahol ez a lépésekre bontás elengedhetetlen, s a nagy pontosság a követelmény, ez a működési mód nagyon is előnyös; de hátrányos ott, ahol a lépésekre bontás mellőzhető, ahol a folytonos folyamatok nagyobb sebességet tesznek lehetővé, és nem követelmény a maximális pontosság.

Az analóg gép, amint azt könyvünk elején is megemlítettük, nem diszkrét, elkülönült áramimpulzusokkal működik, hanem folytonos fizikai mennyiségekkel, mondjuk áramfeszültségekkel: áramfeszültségek képviselhetik benne pl. valamely függvény változóit. Ilyen esetben ugyanolyan összefüggés áll fenn a feszültségek között, mint a függvény változói között. A feszültségeken végrehajtott változtatások számolási-logikai műveleteknek feleltethetők meg. Az ilyen gépben párhuzamosan futhatnak ezek a műveletek. Ezért bizonyos esetekben az analóg gép sebessége meghaladhatja a digitális módszerekkel elérhető sebességet, noha a számítások pontossága nem közelítheti meg a digitális úton elérhető pontosságot, és memóriakapacitása sem érheti el digitális versenytársának memóriakapacitását. Az analóg gép nem versenyezhet a digitálissal ott, ahol „számolni" kell, de maga mögött hagyja a digitális gépet azokon a területeken, ahol valamilyen folytonos folyamatot kell elképzelni, modellezni, pl. a folyamatszabályozásban vagy mondjuk differenciálegyenlet-rendszerek megoldásában.

Egy analóg–digitális-rendszerben mindkét géptípus előnyeit egyesíthetik, méghozzá úgy, hogy a hátrányaikat kiküszöbölik. Így pl. modellezheti egy atomreaktor folyamatait – ebben kitűnően használható az analóg technika –, és ugyanakkor olyan áramimpulzusokat dolgozhat ki, és küldhet ki, amelyekkel ugyanezt a reaktort szabályozhatják, ebben viszont a digitális technika hasznosítható nagyon jól. Ugyanez mondható el folytonos üzemű (pl. vegyi) gyárak működésének a szabályozásáról is.

Miniszámítógépek

Magának a digitális számítógépnek a méretei – az integrálási technika fejlődésével – mind jobban zsugorodnak. A miniszámítógép „igazi" számítógép, vagyis teljes mértékben elektronikus, és teljes mértékben prog-



ramozható, minden olyan alapkövetelményt kielégít, amely a számítógép-nemzetséghez való tartozáshoz kell. Egyetlenegy tekintetben különbözik a közepes és a nagy számítógéptől: kisebb a teljesítménye, mint amazoké.

Ami azonban ezt a teljesítményt illeti, manapság még elég bizonytalanok azok a szempontok, amelyek alapján becsülni vagy mérni lehet. A teljesítmény vizsgálatánál figyelembe veszik a számítógép belső memó-

riájának befogadóképességét, azt az időt, amely valamely adatnak a memóriába való beírásához vagy onnan való kiszólításához kell, továbbá azt az időt, amely valami elemi számolási-logikai művelet elvégzéséhez szükséges. De nehéz eldönteni, hogy e három szempont közül melyiket illeti az elbíráláskor a prioritás, nem is szólva arról, hogy más ismertetőjegyek is bevonhatók az elemzésbe. Az egyik gép tára nagyobb befogadóképességű, mint a másiké, az egyiknek a tárába hosszabb szavakat lehet beírni, a másikéba rövidebbeket, az egyik gyorsabban ad össze, a másik lassabban. Külön-külön könnyen lehet e szempontok szerint rangsorolni, annak azonban nincs egységesen elfogadott mértékegysége, miként kellene az összes szempontok szerint megállapítható „teljesítmény"-rangsort kialakítani. Általában még a kis gépek kategóriájába sorolják azokat, amelyeknek a tára 32 000 (8–24 bites) szót foglalhat magában, és amelyek egy másodperc alatt mondjuk 500 000 összeadást végezhetnek. Nos, a miniszámítógépek elérik, sőt meghaladják ezt a teljesítményszintet, és ahogy a nagymértékű integrálódás (az LSI technika) fejlődik, úgy zsugorodnak a számítógépek méretei.

A miniszámítógépekhez átveszik a nagy gépekben alkalmazott technikai vívmányokat, de azért kicsik és olcsók maradnak. Sőt bizonyos tekintetben a nagy gépek előtt járnak: amennyiben közülük többen kizárólag félvezető diódákból álló memóriákat alkalmaztak, ferritmagos tárak helyett. Amit csak lehet, „huzaloznak" bennük, azaz magába a gépbe építenek be, viszonylag kevesebbet hagynak a programra, mint nagy testvéreiknél. Sok szakvélemény szerint éppen cserélhető „csak olvasd!" vagy „főleg olvasd!" táraik révén könnyebben igazodnak a változó követelményekhez, mint nehézkesebb, nagytermetű társaik. Üzemekben, számjegyvezérlésű szerszámgépek ellenőrzésére, úgy tűnik, jól beváltak, és használatuk más területeken is terjed.

Generációk

Vita folyik arról, vajon napjainkban megérkezett-e már a számítógépek negyedik generációja, vagy még várni kell a megszületésére. Az osztályozás azonban nem egységes szempontok szerint történik, ez okozza a nézeteltéréseket. Sorrendbe állíthatók a géptípusok az információfeldolgozás általános módja szerint. Ebben az esetben azt találjuk, hogy az első generációs gép központi egysége még egyszerre csak egyetlen programot

tudott végrehajtani, és amíg ez a program futott benne, addig nem léphetett érintkezésbe valamely perifériával, hogy onnan adatokat szólítson be. Amíg az adatok befutottak a központi egységbe, mialatt pl. a lyukkártyákat beolvasták, minden más tevékenység szünetelt benne. A második generációs gépek központi egységei már képesek voltak szimultán működésre: miközben a program futott bennük, adatokat szólíthattak be külső tárakból vagy eredményadatokat lökhettek ki külső tárakra, nyomtatókra stb. A harmadik generációs gépek központi egységeiben megjelent a multiprogramozás, több program egyidejű kezelése, és a programok futási ideje alatt a legváltozatosabb érintkezést képesek a perifériákkal lebonyolítani.

E szempont szerint állíthatjuk azt, hogy a számítógép központi egységének új munkaszervezési lehetőségei generációnyi távolságra távolodtak el a régiekétől, a harmadik generáció gépei nyújtotta munkaszervezési lehetőségektől. Arra kell gondolnunk, hogy a számítógép központi egysége ma már olyan multiprogramozású programfuttatásra képes, amelynek során a programok sorrendje lehet előre rögzített, de lehet prioritás kritériumok szerint automatikusan változó is, sőt menet közben is változtatható a sorrend, pl. táv-adatfeldolgozás esetén elsőbbséget lehet kérni a távadat-végállomás által kért program futtatásának. Ráadásul a központi egység a program végrehajtással egyidejűleg több perifériával érintkezhet egyszerre, adatokat kér be tőlük, és adatokat küld ki rájuk, e perifériákat egymással is össze tudja kapcsolni, és így végeztet velük átalakítási stb. műveleteket, már nem is szólva arról, hogy eközben e perifériákat messzemenően önállósítani is tudja (saját processzoraik révén), reájuk hagyva a részletkérdések megoldását. De olyan álláspontot is elfoglalhatunk, hogy a munkaszervezésnek ezek az új lehetőségei nem jelentenek elvileg újat a harmadik generáció nyújtotta munkavégzéssel szemben.

Sorba állíthatók a gépek „hagyományos módon", a billenőelemeik fizikai természete szerint. Ebben az esetben az első generációt az elektroncsövek, a másodikat a tranzisztorok, a harmadikat pedig az integrált áramkörök jelentik. Csakhogy ezen az alapon már a harmadik generáció elkülönítése is némi önkénnyel történik, mivel az integrált áramkörökben ugyancsak tranzisztorokat – vagy hasonló elv alapján működő billenőelemeket – találunk, igaz az integrált áramkörök részeiként. Itt még kevesebb jogcím kínálkozik arra, hogy az integráció fokozódása (*M*edium *S*cale *I*ntegration [MSI], középfokú integrálás, *L*arge *S*cale *I*ntegration

[LSI], nagyfokú integrálás) alapján már a negyedik generációhoz sorolnunk az új gépeket. Ezt megtehetjük, de eljárásunk jogossága vitatható.

A negyedik generáció születésnapját – megint más szempont szerint – a virtuális memória megjelenéséhez kötik, a virtuális memória a számítógép memóriakapacitását elvileg korlátlanná teszi. Ámde az az ellenvetés itt is jogos, hogy a virtuális memória szervezési elemei már az idősebb gépgenerációban is jelen vannak; a „lapozás" technikája noha elvileg újat jelent a belső tár és a külső tárak közötti kapcsolatok megszervezésében, de talán nem jelent annyira újat, hogy ezen az alapon generációs távolságokról beszélhetnénk. Egyszóval: akár ezt, akár azt a szempontot (esetleg itt meg sem említett más szempontot) veszünk is az összehasonlítás alapjául, semmiképpen sem tudjuk vitathatatlan bizonyossággal azt állítani, hogy a számítógépek negyedik generációja már megjelent. Egy olyan gép, mint mondjuk a CDC Star–100, amelyet a *C*ontrol *D*ata *C*orporation laboratóriuma fejlesztett ki, és amely másodpercenként 100 millió elemi műveletet tud végrehajtani, s amelynek memóriaciklusideje nem hosszabb 40 nanomásodpercnél ($40 \cdot 10^{-9}$ s), azaz 40 milliárdod másodpercnél: virtuális memóriájával és memóriájának változtatható szóhosszúságával mindenesetre nagyon fejlett számítógép, akár a harmadik, akár a negyedik generációhoz kell is sorolnunk.

A jövő

A jövő (pontosabban a távoli jövő) számítógépei központi egységeinek három lapon, majd később három forgács hátán is el kell férniük. Ezek közül az egyik forgács a memóriát, a másik a processzort (azaz a jelenlegi vezérlő- és aritmetikai egységet, a jelenlegi processzort) hordja majd, a harmadik pedig a jelenlegi processzorból elkülönített input-output processzort, amely a központi egységnek a perifériákkal való kapcsolatait és e perifériáknak egymással való kapcsolatait vezérli. Később a három forgács egyesül: egyetlen forgács hordozza majd az egész központi egységet. Ezzel a számítógéppel élőszóval lehet majd közölni a feladatokat, képes lesz hangminták felismerésére, azonosítására, és arra, hogy olyan programokat, programblokkokat állítson egymás mellé, amelyek az élőszóval közölt feladatot megoldják, sőt arra is képes lesz, hogy amennyiben a programkönyvtárában nem leli fel a szükséges programokat, szubrutinokat, maga hozza létre ezeket. Ez a számítógép meg fogja közelíteni

egy „robotasszisztens” elképzelt képességeit. De ennek a számítógépnek nem kerül majd túlságosan nagy vesződségébe, hogy önmagát programokkal lássa el: amit csak lehet, azt beépítik a hardware-jébe, amit csak lehet, huzaloznak benne, vagy „csak olvasd”, „főleg olvasd!” memóriáiban tárolnak. Sőt a jövő számítógépeit mindenki maga alakíthatja majd ki a saját igényei, szükségletei szerint, ebben segítségére lesz valamely már működő számítógép; ezzel csak a tervezett számítógép rendeltetését, a tervezett számítógéptől megkívánt logikai funkciókat kell közölni a jelen „elképzelések” szerint, s a számítógép készen kidobja a „testhez álló” új számítógép tervét, dokumentációját, esetleg még a gyártását is vezérli.

6 KUTATÁS, FEJLESZTÉS ÉS GYÁRTÁS MAGYARORSZÁGON

Rövid áttekintés

A hazai számítógép-kutatás fejlesztés- és gyártástörténete akkor kezdődik, amikor az MTA Kibernetikai Kutató Csoportjában, az 1950-es évek végén építeni kezdték az M–3 jelű, első generációs számítógépet, amelynek teljes dokumentációját a Szovjetunió bocsátotta rendelkezésünkre. E gép építése során szerezték meg a magyar kutatók az első tapasztalatokat. A fejlesztés, a gyártás, amelynek gyökerei ehhez a munkához nyúlnak vissza, kiszélesedett. Az első magyar számítógépet az Elektronikus Mérőkészülékek Gyára (EMG) állította elő az 1960-as évek végén: a második generációs EMG–830-at. A kutatás és fejlesztés az MTA Központi Fizikai Kutató Intézetben, az MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutató Intézetben, a Számítástechnikai Koordinációs Intézetben és máshol, a gyártás pedig az Elektronikus Mérőkészülékek Gyárában, a Központi Fizikai Kutató Intézetben és a VIDEOTON Rádió- és Televíziógyárban folyik. A VIDEOTON Rádió- és Televíziógyár fővállalkozóként több kutatóintézettel és gyárral áll kapcsolatban. A fejlesztés és a gyártás a kormány által elfogadott Központi Számítástechnikai Fejlesztési Program alapján folyik, igazodva a KGST-országok által elfogadott Egységes Számítástechnikai Rendszer (ESZR) előírásaihoz. Nemcsak számítógépek, hanem perifériális berendezések fejlesztésével és gyártásával is foglalkozunk.

Az EMG–830

Az EMG–830, amelyet az Elektronikus Mérőkészülékek Gyárában állítanak elő, második generációs – tranzisztoros – kis számítógép, memóriájában 32 K szó tárolható, aritmetikája másodpercenként átlagosan 25 000 elemi összeadási művelet elvégzésére képes. Központi egysége modulos felépítésű, így memóriája bizonyos határok között bővíthető. Az EMG–830-10-es változat viszonylag kevesebb adat tárolására

képes, viszont több aritmetikai műveletet tud ellátni, ezért folyamatirányításra alkalmas: azokat a mérési adatokat, amelyeket az általa irányított folyamatról kap, még kellő időben fel tudja dolgozni ahhoz, hogy új beállítási értékeket számítson ki. A 830-20-as változatnak memóriakapacitása nagyobb: ez a berendezés jobban megfelel olyan ügyviteli célokra, amelyek esetében nagy mennyiségű adaton viszonylag kevés számolási műveletet kell végrehajtani. A modulos felépítés olyan rugalmasságot biztosít e számítógépnek, amely mind műszaki-tudományos, mind ügyviteli, mind pedig folyamatszabályozó feladatok ellátására alkalmassá teszi. Egyébként még az is fokozza e gépek alkalmazkodási hajlékonyságát, hogy a tárak szóhossza is különböző (a folyamatirányító változaté [EMG–830-10-es] 21, az ügyviteli változaté [EMG–830-20-as] 24 bit), s a ferritgyűrűs operatív tár kapacitásának nem kell szükségképpen elérnie azt a 32 K-t, amelyről fentebb szóltunk, hanem lehet 8 K-s is, amely azután modulokkal a szükség szerint bővíthető 32 K-ig. Multiprogramozású, tehát egyszerre több programot kezel. Elvileg – megszakításos rendszerben – 60 perifériális egység csatlakoztatható hozzá.

Az EMG–830-as számítógépek perifériális berendezései: mágnesszalagos tár (800 byte/inch), sornyomtató (200 sor/perc), lyukkártyaolvasó (600 kártya/perc), lyukkártyalyukasztó (200 kártya/perc), mágneslemezes tár és más működési sebességű, illetve más funkciókat ellátó perifériái is lehetnek.

Az EMG–830-120 típusú gép az EMG–830-20 gép továbbfejlesztett változata. Ebbe olyan egységeket építettek be, amelyek mind a vezérlőegységnek (univerzális indexregiszter), mind az operatív tárnak, mind pedig az aritmetikai egységnek (univerzális aritmetikai egység) a működését hatékonyabbá teszik. Amíg a 830-10 és a 830-20 gépek felhasználói programnyelvei: a SIMPLE, az autókód és a FORTRAN volt, addig a 830-120-as típushoz ezeken kívül olyan fordító (compiler) programot is készítenek, amelynek segítségével „meg tudja érteni” azokat a programokat is, amelyeket a VIDEOTON–1010B számítógéphez, illetve ennek továbbfejlesztett változataihoz készítenek.

A TPA számítógépek

A TPA (*t*árolt *p*rogramú *a*datfeldolgozó) az MTA Központi Fizikai Kutató Intézetének kutatásai alapján, magában az intézetben készül. Má-

sodik generációs gép, azaz billenőelemei félvezetők. Másodpercenként átlagosan 100 000 utasítást tud végrehajtani.

A TPA második generációs gép továbbfejlesztett változata a TPA–I. Az elnevezésben az „I" betű azt jelöli, hogy a központi egységben integrált áramkörök dolgoznak, azaz egy harmadik generációs géppel állunk szemben. Méretei többszörösen kisebbek, mint a TPA-é, teljesítménye viszont többszöröse ez utóbbinak. Ferritgyűrűs memóriájának a szóhossza 12 bit (ehhez hozzájárul még egy, paritás ellenőrző bit). Memóriája modulrendszerű, modulokkal bővíthető. Legkisebb kapacitása 4 K szó, legnagyobb kapacitása 16 K szó. Külső tárakkal 32 K-ig bővíthető. A ciklus ideje 2 milliomod másodperc. Ugyanolyan célokra használható, mint a TPA, de természetesen hatékonyabban – és még sokoldalúbban.

A TPA–70 kisszámítógép kidolgozása során a Központi Fizikai Kutató Intézet mindazokat a tapasztalatokat figyelembe vette, amelyeket a TPA-család korábbi tagjainál saját maguk szereztek, mind pedig azokat, amelyeket a világszerte tapasztalt fejlődés szolgáltatott. Ez mindenekelőtt abban jutott kifejezésre, hogy a regiszterek – az átmeneti tárak – számát a kisgépek két nagy csoportja között valahol középúton szabták meg; az egyik csoportban kevés regisztert alkalmaznak, egy regiszterrel egészítik ki az akkumulátort (az aritmetikát) és egy indexregisztert építenek be a vezérlőegységbe. Ennek az az előnye, hogy egyszavas utasításokkal is boldogulni lehet, és ezekkel is sokféle műveletet tudnak megszabni a főtár és a vezérlőegység, illetve az aritmetika viszonylatában. Ennek viszont az a hátránya, hogy sok kis műveletet kell megfogalmazni, s ezért a program megírása bonyolult, maga a program hosszú, a futása is hosszú időbe tart; a másik csoport sok – pl. 8 vagy 16 – regisztert alkalmaz, aminek az az előnye, hogy az adatok között szigorú rend tartható, viszont az a hátránya, hogy abban az esetben, ha a gépre akarják áthárítani az utasítások és az adatok elhelyezésének – megcímzésének – gondját, több szavas utasításokra van szükség, ami ismét csak nehézkessé teszi a programozást.

A TPA–70/s-ben, a TPA–70 kisszámítógép-család első tagjában 4 – egyenként 16 bites – akkumulátor van, és abban az esetben, ha nem minden utasítás címezhető be közvetlenül a főtárba, amelynek 64 K byte (illetve 32 K szó) a kapacitása, olyan eljáráshoz lehet folyamodni, aminővel a virtuális tárolásnál találkozunk.

Különleges berendezést is építettek be a TPA–70/s-be: egy push-down memóriát vagy másképp hardware stackot („nyomd meg a gombot"

memóriát vagy másként „szerkezeti megőrző”-t). Ennek az a rendeltetése, hogy mindaddig ideiglenesen megőrizzen emléknyomokat, amíg útmutatásul fenn kell tartani azokat. Ha pl. valamely zárt hurok (szubrutin) végrehajtása kezdődik meg, akkor a kezdőcím tárolódik a stackban. Ha a hurok valamely pontján új, alacsonyabb rendű hurok végrehajtása kezdődik meg, akkor ez a pont, ez a kezdőcím is a stackban tárolódik. Így tetszőleges számú emeleten indulhat meg egymástól függő, egymástól elágazó hurkok végrehajtása, míg a stackban egymás alatt helyezkednek el a különböző szintű kezdőcímek. A programozónak nem is kell törődnie e kezdőcímek fenntartásával, védelmével. Ugyanez a stack arra is alkalmas, hogy program megszakítás esetén átmentse, megőrizze a pillanatnyi státust, a fennálló helyzetet, továbbá arra is, hogy olyan adatokat (paramétereket) őrizzen, amelyekre a gépben az automatikus címzésekhez van szükség. Ez tehát olyan „páncélszekrény”, amelynek ajtaja villámgyorsan nyílik és záródik, amikor szükséges, és ugyanakkor „betörésbiztosan” óvja meg a rábízott értékeket. Nagy rugalmasságot enged meg.

Az operációs rendszer megengedi, hogy a központi egységhez kapcsolt perifériák között bizonyos elsőbbségi (prioritási) szinteket állapítsanak meg, azaz eleve megszabják, hogy melyik követelhet magának előbb összeköttetést a központi egységgel és melyik csak később. Ha ezt előre nem állapítják meg, akkor a „földrajzi közelség” dönt, vagyis az a periféria részesül előnyben, amely a központi egységhez közelebb esik.

A géphez különleges információszállító vezetékrendszert építettek ki, az ún. multibusz-rendszert. Itt meg kell jegyeznünk, hogy általában busznak nevezik a központi egységen belül működő szállítóvezeték-rendszert. A multibusz-szállítórendszer a TPA–70/s-ben a központi egységet a perifériákkal, a perifériákat pedig egymással kapcsolja össze. Amikor a perifériák érintkeznek egymással – pl. a mérési adatgyűjtő adatokat küld át valamely más perifériának, a mágnesszalagos adatgyűjtőnek vagy a villamos írógépnek –, akkor a központi egység közreműködésére nincs szükség. Ez nagyon meggyorsítja az adatforgalmat. Egyébként maga az átvitel is gyorsan történik: egy 16 bites szó egy milliomod másodpercnél rövidebb ideig utazik. Mialatt a perifériák a központi egység közbejötte nélkül egymással érintkeznek, maga a központi egység a multibuszon át ezzel egyidejűleg kapcsolatot létesíthet valamelyik perifériával.

Ez a körülmény, valamint az, hogy (CAMAC-rendszerű) mérési adatgyűjtő is csatlakoztatható a központi egységhez: különösen alkalmassá

teszi a rendszert az ún. real-time (azonos idejű) feldolgozásra, pl. a termeléssel kapcsolatos mérési adatok összegyűjtésére, azonnali feldolgozására, olyan módon, hogy az eredményeket késedelem nélkül felhasználhassák a termelési folyamat jellemzőinek a módosítására, esetleg a termelési folyamat közvetlen vezérlésére.

Az operációs rendszer ez esetben is megengedi a szokásos kétféle üzemmódot: az egyikben a végrehajtó program „kezében van a karmesteri pálca", a másikban felhasználói programéban, – de megenged egy ún. trace (böngésző) üzemmódot is, amelyben minden utasítás végrehajtása után programmegszakítás jön létre. Erre akkor van szükség, ha egy elkészült felhasználói program felülvizsgálata folyik. Ez az üzemmód nagyon kényelmessé teszi s meggyorsítja ezt a felülvizsgálatot. A központi egység állapotát minden egyes programmegszakításnál képernyőn lehet megjeleníteni stb.

A TPA–70/s rendszerben tetszés szerinti memóriák alkalmazhatók: ferrit, mágneshuzal, RAM vagy ROM félvezető memóriák. Alkalmazni lehet ún. dual-port (kétkapujú) memóriákat is, vagyis olyan memóriákat, amelyekhez két adatszállító vezetékrendszer, két multibusz csatlakoztatható. Ez tovább növeli e rendszer hajlékonyságát. A kétkapujú memóriákba az egyik kapun azonközben befolyhatnak a mérési adatok, mialatt a másik kapun az adatok kifolynak abból a célból, hogy valamely programot hajtsanak rajtuk végre. A kétkapujú memória egyik kapujára is rákapcsolódhat egy multibusz, másik kapujára pedig egy másik multibusz szállítórendszer, ami lehetővé teszi azt is, hogy az ilyen kétkapujú memórián át létesüljön kapcsolat pl. két kisgéprendszer között. Ilyen módon két TPA–70/s központi egység működhet együtt – az együttes teljesítményük nagyobb, mint a külön-külön elérhető teljesítmények összege –, másrészt az egyik gép a másik biztonsági tartalékának szerepét is játszhatja.

Az operatív tároló ciklusideje – egy utasítás vagy adat beírásának, illetve kiolvasásának ideje – átlagosan egymilliomod másodperc.

Az R–10 számítógép

Az R–10 számítógépet a VIDEOTON–1010 gépből a Számítástechnikai Koordinációs Intézet fejlesztette ki – a VIDEOTON gyárral fennálló együttműködés keretében –, és a VIDEOTON Számítástechnikai Gyára

gyártja. Különleges jelentőségét az adja meg, hogy az Egységes Számítástechnikai Rendszerben a legkisebb gép szerepét kell betöltenie. Ehhez az ESZR-hez különböző géptípusok készülnek, amelyek bizonyos szabványkövetelményeknek felelnek meg, és így „kompatibilis"-ek egymással, vagyis elvileg mind a programjuk, mind a hardware-jük tekintetében illeszthetők egymáshoz, továbbá táv-adatfeldolgozás keretében is egyetlen rendszerbe kapcsolhatók. Az R–10 tehát olyan kisgép, amely kapcsolatba léphet az ESZR-gépcsalád többi tagjaival, „nagyobb testvér"-eivel. Az R–10 software-jének kifejlesztése a VIDEOTON Fejlesztési Intézete feladata volt, de ebben a munkában számos más intézmény is részt vett.

Az R–10 különleges alkotóeleme központi egységének ún. kezelőegysége. Ez a főtárat kiegészítő „csak olvasd!" memória. Félvezetőkből áll, és olyan gyakran előforduló utasítássorozatokat (mikroprogramokat) tartalmaz, amelyeknek a végrehajtására nagyon gyakran kerül sor. Ebből a kezelőegységből jóval gyorsabban lehet az utasításokat kiszólítani, mint a főtárból. Ebben a kezelőegységben van olyan üres, fel nem használt rész is, amelybe új mikroprogram-részleteket lehet elhelyezni. Emellett maga az egész kezelőegység, az egész mikroprogramtár is „újra tölthető", „kicserélhető". A mikroprogramtár viszonylag kis kapacitású, összesen 1 K byte-os, pontosabban mondva 1024 byte-os, egy-egy byte, mint már több ízben is kifejtettük, 8 bit terjedelmű.

Az R–10 ún. gyorsregiszter „mező"-t is tartalmaz, ennek az a rendeltetése, hogy olyan változó adatokat őrizzen, amelyek a programok végrehajtásához időlegesen („menet közben történő feljegyzések"-ként) szükségesek.

Mind a mikroprogramtár, mind a gyorsregisztertár 60 nanomásodperces hozzáférési idővel működik, ez nagyon meggyorsítja az egész munkát a központi egységben: egy-egy mikroutasítás végrehajtására átlagosan nem kell hosszabb idő, mint 300 ns.

A központi egység főtára 8 K byte-os egységekben egészen 64 K byte-ig bővíthető. Itt egy-egy szó 2 byte-ből áll. Emellett külön bit szolgálja az automatikus hibavédelmet (paritásbit) és külön bit az automatikus memóriavédelmet, biztosítva az utasítást a nem kívánt téves törlés ellen. Így végül is egy-egy szó hossza nem 16, hanem 18 bit. A főtár hozzáférési ideje 400 ns.

Az aritmetika viszonylag gyorsan hajtja végre a számolási és a logikai műveleteket. Így a legkedvezőbb esetben a műveletek elvégzésének a sebessége elérheti az 500 000 művelet/s-et.

Operációs rendszere (OS 10) multiprogramozás esetén 32 prioritásszinten tud rangsorolni, ami nagy felhasználási hajlékonyságot biztosít alkalmazóinak.

Az R–10-et perifériákkal együtt szállítják, e tekintetben többféle összeállítást (konfigurációt) alakíthatunk ki. Az alapkonfigurációhoz tartozik a konzolírógép (kezelői írógép). A konzolírógéppel utasításokat, kérdéseket közölhetünk a géppel, és a gép is a konzolírógép papírján nyomtatja ki válaszát. Ugyancsak a konzolírógépen hozza a gépkezelő tudomására az operációs rendszer a „saját kezdeményezésű" üzeneteit. Az alapkonfigurációhoz tartozik egy másodpercenként 300–1000 jeles sebességű gyors szalagolvasó, egy másodpercenként 30 jeles sebességű gyors szalaglyukasztó. A külső lemeztár „minidiszk"-ekből áll, egy-egy minidiszk 800 K byte jelt őrizhet. Külső tárként rövid hozzáférési idejű mágneses tárcsák is alkalmazhatók. Bővebb konfigurációkban sornyomtatók, lyukkártyaolvasók és a táv-adatfeldolgozáshoz szükséges berendezések stb. is csatlakoztathatók a központi egységhez.

Az R–10 nemcsak ügyviteli adatfeldolgozási munkálatokban, továbbá műszaki-tudományos számításokban, hanem a termelésben is jó szolgálatokat tehet: alkalmas mérési adatok gyűjtésére és elemzésére, félkész termékek minőségének gyártás közben történő ellenőrzésére, a már kész termékek minőségének ellenőrzésére, felhasználható az oktatásban, repülőgépek helyfoglalási rendszereiben stb. Táv-adatfeldolgozó rendszerekbe beilleszthető, mint „intelligens terminál", vagyis olyan terminálként, olyan végállomásként használható, amely – maga is számítógép lévén – bizonyos feladatokat önállóan is elláthat, és csak azokat a feladatokat küldi tovább a táv-adatfeldolgozó hálózat központi számítógépéhez, amelyek a kapacitását meghaladják. Ilyen táv-adatfeldolgozó hálózatok adatáramlásának a vezérlésében is segítséget nyújthat. Vezérelhet displayt is.

Kooperációs hibrid-számítógép

A KFKI kutatói, csehszlovák kutatókkal együttműködve analóg–digitalis, hibrid rendszerű számítógépet is létrehoztak. Először a cseh gyártmányú MEDA–80/T analóg számítógépet kötötték össze a TPA-val. E hibrid számítógéppel szerzett tapasztalatok alapján fejlesztették ki azt a modernebb rendszert, amelyben a cseh ARITMA Vállalat MEDA–41-TC analóg gépét egyesítették a TPA–I harmadik generációs digitális be-

rendezéssel. A csehszlovák ARITMA Analogova Technika MEDA–41-TC jelű általános célú analóg számítógépe és a KFKI TPA/I–1001 jelű digitális számítógépe közé egy közbülső csatlakoztatóegység, a SPOZA interface illeszkedik, amelyet a prágai Matematikai Gépek Kutató Intézetében fejlesztettek ki. Ennek a csatlakoztató-egységnek az a feladata, hogy az analóg és a digitális berendezés között lebonyolítsa a kétirányú adatforgalmat. Az analóg egységben dugaszolással hoznak kapcsolatba egymással olyan blokkokat, amelyek a számításban éppen részt vesznek. Az analóg egység számítási sebessége a dolog természete szerint igen nagy, hiszen ami benne lezajlik, az – amint fentebb említettük – „egyszerre" fut le lépésekre bontás nélkül. A digitális egységben 1,5 μs a ciklusidő, átlagosan 3,5 μs szükséges egy elemi összeadási művelet végrehajtásához. A SPOZA kapcsolóegység nemcsak az adatforgalmat bonyolítja az analóg és a digitális egység között, hanem ennél többet is tesz, összehangoló tevékenységet is végez, amennyiben megfelelően elosztja a két egység között az utasításokat is. A hibridhez felhasználható a FOKAL magasszintű felhasználói programnyelv (hasonló a FORTRAN-hoz) és a SLANG (assembler típusú) nyelv is.

Ez a hibrid számítógép sok olyan tudományos és műszaki jellegű feladatot megoldhat, amelyek külön egy analóg, vagy külön egy digitális gépen csak nehézkesen, nagy költség árán lennének megoldhatók. Ilyen feladatokkal találkozhatunk pl. automatikus szabályozó rendszerek tervezésekor, hőtechnikai problémák megoldásakor, atomerőművek, kémiai gyártási folyamatok modellezésekor, a biológiában. Különösen előnyös a gép használata ott, ahol az időtényező jelentős szerepet játszik: pl. gyors motorok vezérlésénél.

Minicomp

A Villamos Automatikai Intézet (VILATI) „MINICOMP"-ja olyan berendezés, amelynek nincs külön belső tára: a programot egy mágneslemezen teszik be, s ez a mágneslemez cserélhető. Ezért természetesen nem tekinthető ugyanolyan értékű számítógépnek, mint a ferritmagos stb. belső tárakkal rendelkező készülékek, azonban bárminek tekintsük is, mindenesetre olcsó, és könnyen kezelhető, jól hasznosítható. A Villamos Automatikai Intézet PRACTICOMP–4000 TYP kis számítógépe integrált áramkörös felépítésű.

Készülnek Magyarországon különböző „célberendezések", célszámítógépek is. Ilyen pl. a Műszeripari Kutató Intézet által kifejlesztett „jelfeldolgozó célberendezés". Ez a berendezés alkalmas arra, hogy mérési adatokat fogadjon be, tároljon, dolgozzon fel és jelenítsen meg. Ebből a célból aritmetikai (számoló és logikai) egységekkel látták el. Az aritmetikai egység jelenti – amint az jól ismert – az elektronikus számítógép „lelké"-t is. Az aritmetikai egységekben folyik a számolás, bennük mennek végbe a logikai műveletek. Ámde az a körülmény, hogy a jelfeldolgozó berendezésnek is vannak aritmetikai egységei, még nem lépteti elő ezt a szerkezetet számítógéppé. Ez csak „majdnem számítógép", azaz olyan gép, amely csak bizonyos korlátok között, bizonyos célnak alárendelten tud információfeldolgozási (számolási és logikai) feladatokat ellátni.

A berendezés kétféle üzemmódban működhet, on-line és off-line üzemmódban; on-line üzemmódban a mérési adatok feldolgozása és megjelenítése azonnal megtörténik; off-line üzemmódban erre csak később, tetszés szerinti időpontban kerül sor.

Ha on-line üzemmódban történik a működtetés, akkor a mérési adatok – ezek általában „analóg" adatok, vagyis folytonos mennyiségek, pl. áramfeszültségek stb. – egy *a*nalóg *b*emeneti *e*gységbe (ABE) kerülnek, amely – az előre közölt programnak megfelelően – erősíti, szűri stb. a jeleket, majd egy ún. analóg–digitális konverterbe (ADK) vagy másként analóg–digitális átalakítóba küldi őket, ahol az analóg adatok digitális, vagyis nem folytonos, hanem egymástól elkülönített (1-nek és 0-nak megfeleltethető) jelekké alakulnak át. Erre azért van szükség, hogy az aritmetikai egység feldolgozhassa azokat. Az aritmetikai egység ugyanis csak ilyen elkülönített („diszkrét", 1-nek és 0-nak megfeleltethető) jeleket tud feldolgozni. De a digitális jelek nem folynak be közvetlenül a digitális aritmetikai egységbe, hanem előbb egy tárba íródnak be. Innen közvetlenül átfolyhatnak az aritmetikai egységbe, amely végrehajtja rajtuk a programnak megfelelő elemző műveleteket, majd az eredményeket ugyancsak a tárba küldi vissza. A tár tartalma – mind a feldolgozás előtti nyers adatok, mind pedig a feldolgozott, elemzett adatok – bármikor kiszólíthatók, megjeleníthetők egy képernyőn, kigépeltethetők stb.

Az „off-line" – azaz nem közvetlen – üzemmód esetén a mérési adatokat esetleg előzetesen a jelfeldolgozó célberendezésen kívül tárolják, pl. lyukszalagon stb., és azután tetszés szerinti időpontban viszik be őket a

célberendezésbe. Az ilyen, a célberendezésen kívül, valamely periférián tárolt adatok rendszerint már digitális alakot öltöttek, minthogy előzetesen megtörtént az átalakításuk. De lehetnek analóg alakban is – pl. analóg mágnesszalagos tárolón tartva. Ha digitális alakban vannak, akkor a digitális bemeneti egységen, ha analógok, akkor az analóg bemeneti egységen juthatnak be a célberendezés tárába.

Az analóg bemeneti egység közvetlenül vesz fel mérési adatokat. Ezek az adatok a legkülönbözőbb mérésekből eredhetnek. Így pl. orvosi vizsgálatokból: EKG (Elektrokardiogram), EEG (Elektroenkefalogram) és más mérésekből. Mód van rá, hogy a befolyó adatokat megérkezésük pillanatában, ellenőrzés céljából megjelenítsék valamely képernyőn (oszcilloszkópon), és mód van arra is, hogy a megjelenítésükre csak később kerüljön sor, amikor a digitális aritmetikai egység már a programnak megfelelően elemezte azokat. Az aritmetikai egység megadhatja pl. az EKG-jelek átlagos időtartamát. Más esetben a mérési adatok pl. 10 páciens pulzusszámára (ezek ugyancsak az EKG-jelből képződnek), légzésszámára és bőrellenállására vonatkoznak; ilyenkor tetszés szerint bármely páciensre vonatkozóan külön is ki lehet vetíteni az oszcilloszkópra akár magukat az EKG-jeleket, akár a belőlük képzett (pl. pulzusszám) jeleket, akár más jeleket. Neurofiziológiai vizsgálatok mérési adatai – pl. az agyból kivezetett elektromos feszültségek – is befolyhatnak a készülékbe.

De nemcsak orvosi alkalmazásokból, hanem ipari területről is származhatnak a feldolgozandó mérési adatok: pl. mérhetjük a szerszámgépeken forgácsolás közben fellépő különböző erőket. A spektrométer mérési adatait is bevihetjük a berendezésbe elemzés céljából. Programmal szabályozhatjuk, hogy a mérési adatokból milyen gyakran történjék a mintavétel: az időközök húsz milliomodmásodperc és egy másodperc között tetszés szerint alakíthatók ki.

A célfeldolgozó berendezés önállóan alkalmazható, számítógép igénybevétele nélkül. De annak sincs semmi akadálya, hogy akár a nyers mérési adatokat, akár a célberendezés – aritmetikai egysége – által már elemzett adatokat továbbküldjük egy univerzális számítógépbe, amely elvégezheti bonyolultabb, finomabb elemzésüket.

Nemcsak számítógépek, perifériák is készülnek hazánkban. Így: lyukasztó berendezések. A PERFOMOM–30 második generációs elektronikájú lyukszalaglyukasztó berendezés, továbbá a PERFOMOM–35 típusú lyukszalag- és szélperforált kártyalyukasztó a MOM-ban készül. Az utóbbinak van harmadik generációs változata is, az EP–35. Ezeket számítógépek központi egységeihez csatlakoztathatják, és ebben az esetben a számítógép szolgáltatta eredményadatokat maximálisan 33 jel/s sebességgel írják ki. A VILATI is kidolgozott lyukszalagos adatelőkészítő berendezést (PREPAMAT ES–9021 TYP).

A VIDEOTON Fejlesztési Intézetének szalag-, szélperforált kártyalyukasztó és -olvasója arra alkalmas, hogy lassú ipari folyamatokban, vizsgálatokban végzett mérések eredményeit lyukszalagon, lyukkártyán rögzítse, illetve róluk kiolvassa. A berendezés – külön e célra beépített elektronikus egysége révén – ellenőrzi a lyukasztott információ helyességét is. Használható az ügyvitel gépesítésében, az adatgyűjtésben is. Lyukasztási sebessége 15 jel/s. Elektromechanikus letapogatással olvas.

Az olvasóberendezések közé tartozik a MOM READMOM–1000 és READMOM–300 jelű készüléke. Második generációs elektronikával, fotoelektromos úton működnek, vagyis fénysugaras letapogatással. A READMOM–1000 folytonos üzemmódban 500–1000 jel/s sebességgel működhet. A READMOM–300 folytonos üzemmódban 250–500, léptetett üzemmódban 0–300 jelet olvashat másodpercenként. A READMOM–40 lyukszalag- és szélperforált kártyaolvasó sebessége 40 jel ugyancsak másodpercenként. Ez második generációs, fotoelektromos letapogatással működik. Van harmadik generációs változata is: az ER–40, maximális 150 jel/s sebességgel. Minthogy viszonylag kisebb sebességűek, ezért a számítógép központi egységének üzemén kívül, pl. adat-előkészítésben vagy irodagépekhez csatlakoztatva, esetleg a táv-adatfeldolgozás keretében tehetnek jó szolgálatot.

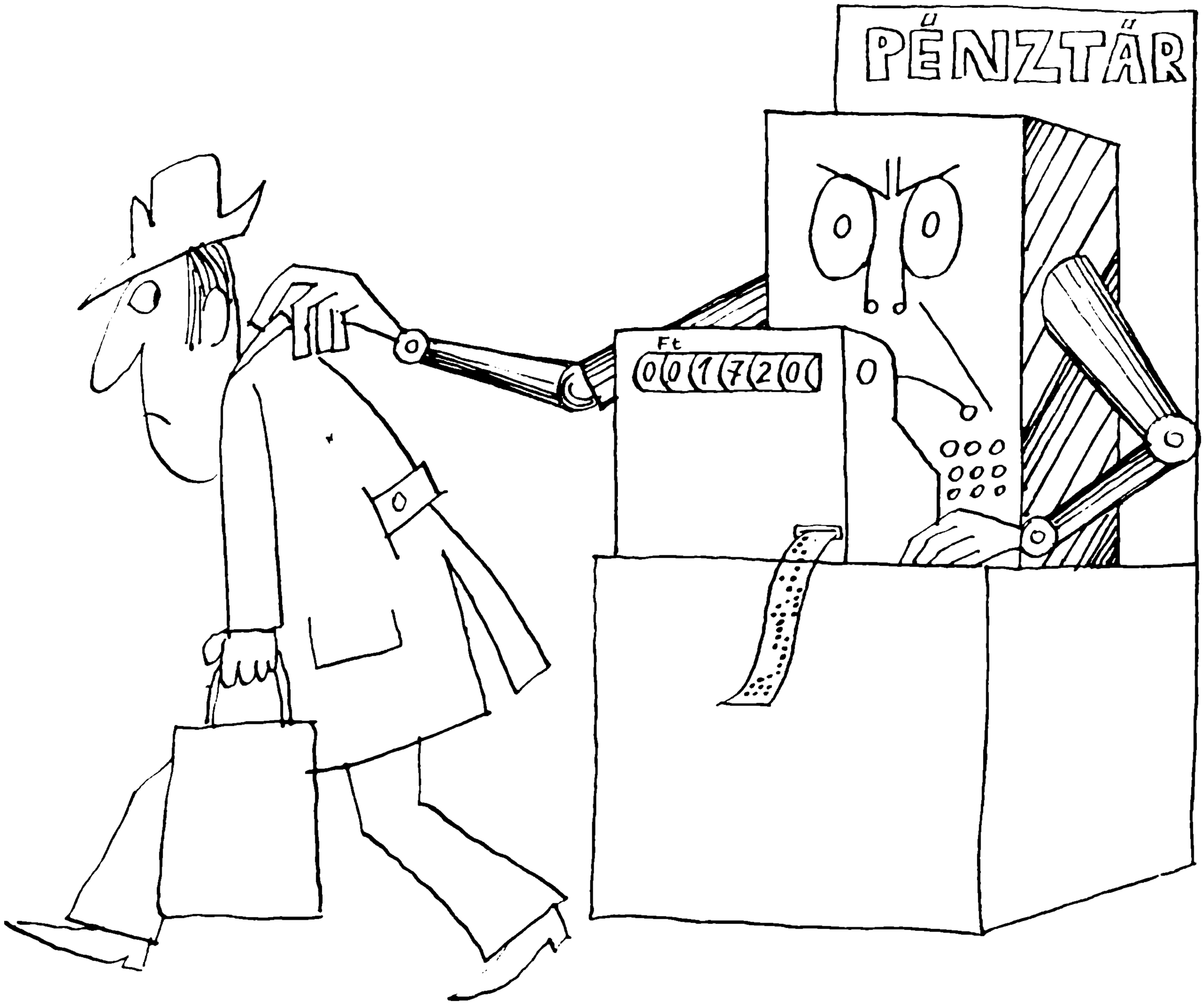
A VIDEOTON Fejlesztési Intézetében alfanumerikus jelnyomtatót fejlesztettek ki, ez két fő részből áll: magából a nyomtatókészülékből és a villamos vezérlőberendezésből. A nyomtatókészüléket a villamos vezérlőberendezés vezérli. Három forrásból érkezhetnek a berendezésekbe kinyomtatandó adatok, egyszerre azonban mindig csak egy adatforrás adatait fogadhatja. Billentyűvel lehet alfanumerikus jeleket küldeni reá, de használható lyukszalag-olvasó feljegyzéseinek a kinyomtatására is, más

tetszőleges adatforrás is csatlakoztatható hozzá. Arra is mód van, hogy működés közben az egyik adatforrásról a másikra váltson át, amennyiben az éppen olvasott adatok között arra vonatkozó utasítást talál. Miközben nyomtat, ugyanazt a szöveget lyukszalaglyukasztó-készüléken lyukszalagra is bocsáthatja, vagy más adathordozóra küldheti fel. A jelkészlete 64 alfanumerikus jelből áll, a latin-, a cirillábécé betűi egyaránt köztük vannak. 15 jel/s sebességgel nyomat, egy-egy sorba 128 jelet. Ugyancsak a VIDEOTON Fejlesztési Intézetének terméke az a számnyomtató, amely másodpercenként kétsoros sebességgel használható elektronikus számítógépek, más, kis teljesítményű adatfeldolgozó gépek, mágneses tárolók, laboratóriumi digitális mérőműszerek számszerű eredményeinek rögzítésére, ezenkívül az EMG „HUNOR–121" stb. típusú elektronikus asztali számológépekhez is csatlakoztatható.

A VIDEOTON Fejlesztési Intézetének lyukszalag–mágnesszalag konvertere arra a célra szolgál, hogy a lyukszalagon tárolt információt olyan kódba tegye át, amely érthetővé teszi azt a mágnesszalag számára is. Két egységből áll: a READMOM–1000 gyors lyukszalagolvasóból és magából a konverterből. A lyukszalagolvasó beolvassa a lyukszalag tartalmát a konverterbe, az pedig megfelelő kódba alakítja át. Ez karakterenként történik. A konverter kimenete mágnesszalagos adatgyűjtőhöz csatlakozik. Beállítható úgy, hogy táblázatokat alakítson ki. Az átalakítás sebessége másodpercenként átlagosan 300 karakter. Az adatokat paritásbitek egészítik ki ellenőrzés céljából. Ha a paritásbitek valahol hibát jeleznek, az átvitel folyamata leáll, és a készülék jelez.

Pénztárgép lyukszalaggal

Itt említjük meg a VIDEOTON Fejlesztési Intézetének kísérleti jellegű elektronikus pénztárgépét is. Ez olyan pénztárgép, amely egyidejűleg vizuálisan megjeleníti, kinyomtatja és lyukszalagra is viszi az adatokat. A billentyűzete ugyanolyan, mint bármely más pénztárgépé. Van azonban benne egy ferritmagos tár – és rajta kívül három részgyűjtőmű. A részgyűjtőművek lehetővé teszik az összegeknek három árucsoportnak, vagy három osztálynak (részlegnek), három eladónak (kiszolgálónak) megfelelően külön-külön történő kigyűjtését, a főtár pedig az összes adatokat gyűjti, vagyis alkalmas a naponkénti vagy műszakonkénti forgalom összegezésére. A pénztárgép számlálja a vevőket, és számlálja a tételeket.



Azt is följegyzi, hányszor történik a főösszegezőműből kiolvasás, vagyis hányszor intéznek kérdést a géphez a napi forgalomra vonatkozóan; ennek a feljegyzésnek vagyonbiztonsági szempontból van jelentősége. A készülék kis ablakokban megjelenő, felfénylő számjegyekkel jelzi, hogy a vevő mennyi pénzt adott át, mennyit kell fizetnie az árucikkekért, és mennyi pénz jár neki vissza. Ugyanezt blokkra is kinyomtatja. A vevő mind a számjegyes kijelzés, mind pedig a blokk segítségével ellenőrizheti a számolás helyességét.

Ugyanekkor a géphez lyukszalaglyukasztó is csatlakoztatható, ennek segítségével a blokkon megjelenő tételek automatikusan rögzítődnek lyukszalagon is. A lyukszalag azután a számítógépes ügyviteli feldolgozásnak, a számítógépes raktárnyilvántartásnak, vásárlási statisztikák kiszámításának stb. válhat az alapjává. Ebben van e pénztárgép fő előnye. A készülék védő automatikával rendelkezik. Ez akkor is megóvja tárainak információtartalmát, ha a hálózati elektromos feszültség valamilyen

okból kimarad. A védő automatika „befagyasztja" az éppen folyó műveletet – és a hálózati feszültség megindulása után a művelet ott folytatódhat, ahol abbamaradt. Azokat az egységeket, amelyek révén a készülékhez kérdést intézhetnek a forgalomra vonatkozóan, zár védi az illetéktelen beavatkozástól. Adatkiadó pénztárgéprendszert (B. D–130) fejlesztett ki az IGV (Irodagépipari és Finommechanikai Vállalat) is.

Displayk

Megjelentek a magyar displayk. Az Orion ADV–1000 típusú, DATAVISOR elnevezésű alfanumerikus katódsugárcsöves megjelenítője az MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutató Intézet kutatási eredményeire támaszkodva készült. Harmadik generációs kivitelű egységei integrált áramköröket és szilícium alapú félvezetőket tartalmaznak. Alkalmas latin kis- és nagybetűk, cirill nagybetűk és számok megjelenítésére. Billentyűzetén nemcsak a karakterek kinyomtatására vonatkozó utasításokat adhatnak, hanem olyanokat is, amelyek a display és a számítógép között lebonyolódó információforgalomhoz szükségesek. Szövegmezejében 16 sorban soronként 64–64 karakter jelenhet meg.

Ami belső berendezését illeti: billentyűzetről vagy „vonalról" – azaz pl. a számítógép kimenetéről, de máshonnan is – kaphat adatokat. Az adatok a recirkulációs tárba kerülnek, innen a „csak olvasd!" memóriába, amely előállítja a karakterek lerajzolásához szükséges jelsorozatot. A karakter helyét az ernyőn egy ún. pozicionáló berendezés határozza meg. A karaktergenerátor és a pozicionáló berendezés együttesen vezérlik azokat az áramköröket, amelyek úgy térítik el az elektronnyalábot, miközben az a fényérzékeny bevonatú ernyő felé tart, hogy az ernyőn éppen a szükséges pontokban keletkezzenek felvillanások. Ugyancsak együttesen vezérli a karaktergenerátor és a pozicionáló a fénypontok kioltását is. A recirkulációs tár segítségével másodpercenként 50-szer viszik fel a karaktereket az ernyőre. Egy-egy karakter 2,4 milliméter széles, 3,6 milliméter magas. Ez a display többféle számítógéphez illeszthető, így a MINSZK–32-höz, az R–10-hez és általában az ESZR-család tagjaihoz. Táv-adatfeldolgozás keretében telefonvonalon is működtethető.

A VIDEOTON–340 alfanumerikus display a VIDEOTON Számítástechnikai Gyára fejlesztésében készült, képernyőjének karakterek megjelenítésére hasznosítható nagysága 200×150 milliméter. Tizenhat sor-

ban 80–80 karaktert jeleníthet meg. Harmadik generációs berendezés. 26-féle latin nagybetűt, 31 cirill nagybetűt, 10 számjegyet, 27 írásjelet lehet „megrendelni" a billentyűzetén. Olyan csatlakoztató egységeket tartalmaz, amelyeknek révén többféle perifériához és számítógéphez is csatlakoztatható.

Az Orion Rádió és Villamossági Vállalat GD'71 jelű grafikus displayét az MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutató Intézet fejlesztette ki. Ez – minthogy nem alfanumerikus, hanem grafikus megjelenítő – nemcsak billentyűzet, hanem fénytoll útján is kaphat információkat. Ennek a rendszernek valamennyi alkatrészét vagy magyar, vagy más szocialista országbeli – pl. szovjet, csehszlovák – gyárak szállították, a készülék megfelel az ESZR normáinak. Vezérlését egy kis számítógép bonyolíthatja le, ez a kis számítógép egyben összekapcsolhatja a megjelenítőt egy közepes vagy nagy teljesítményű számítógéppel is, amely bonyolultabb számításokat is elláthat. A kis számítógéphez külön gépi programozási nyelv és az azt értelmező fordítóprogram tartozik, ugyanakkor a közepes vagy nagy teljesítményű géphez olyan képértelmező fordítóprogramot adnak, amely a FORTRAN programozási nyelvhez illeszthető. A display – utasításra – tartós másolatokat készíthet a képernyőjén megjelenő ábrákról rajzasztalon, fényképen. Az ábrák adatait lyukszalagra is rögzítheti. Ő maga nemcsak a billentyűzet, a fénytoll segítségével látható el információkkal, hanem villamos írógépről vagy lyukszalagolvasó útján is. Kör alakú képernyőjének átmérője 60 centiméter, ebből a megjelenítésre hasznosítható felület 36×36 centiméter.

Nem displayk, de bizonyos mértékig displayszerű funkciókat tölthetnek be: a Híradástechnikai Szövetkezet színes és fekete-fehér monitora és miniszkópja, a GAMMA Művek szcintigráfja, a FOK–GYEM Szövetkezet VISINFORM-ja.

A Híradástechnikai Szövetkezet displayt is kifejlesztett.

Készülékek táv-adatfeldolgozáshoz

A táv-adatfeldolgozás lebonyolításához szükséges perifériás berendezések is készülnek hazai laboratóriumainkban, illetve gyárainkban. Az Orion AHM–1200 középsebességű adatátviteli berendezése az Orion Fejlesztési Intézetének és az MTA Központi Fizikai Kutató Intézetnek

együttműködéséből született. Beilleszthető mind az olyan táv-adatfeldolgozó láncokba, amelyekben kábel biztosítja az adatátvitelt, mind pedig olyanokba, amelyekben mikrohullámú és ultrarövid hullámú jelek közlekednek. Két fő részből áll: az AM–1200 típusú modem egységből és az AH–4800 típusú hibavédelmi egységből. Mindkét egység harmadik generációs kivitelű, integrált áramköri elemeket tartalmaz. A berendezés egyaránt alkalmas adó és vevő üzemmódban való működésre. Kézzel vagy távvezérlés útján adott utasítással lehet megszabni, hogy adó vagy vevő üzemmódban működjék-e. A távvezérlés útján való kijelölésnek akkor van jelentősége, amikor két adatátviteli berendezést úgy kapcsolnak össze, hogy automatizmusra bízzák annak meghatározását, melyik működjék adóállomásként és melyik vevőállomásként – „on-line" rendszerben. Ilyenkor az egyik végberendezés vezérlő (MASTER), a másik vezérelt (SLAVE, szolga) állomás, és a vezérlő állomás távvezérlés útján határozza meg a vezérelt állomás üzemmódját.

Az adatátvitel sebessége 600–1200 bit lehet másodpercenként, de bizonyos körülmények között elérheti a másodpercenkénti 4800 bites sebességet is. Az információ blokkokban megy át a vonalon. Eközben paritásbitek biztosítják az utazó jelek épségét. Ha a vevőberendezés hibásan érkező blokkot vesz, hibát észlel, a felügyeleti csatornán át kéri a blokk megismétlő adását. A felügyeleti csatorna maga, az adó felé történő adatáramlást biztosít, azaz a fő adatátviteli csatornával ellentétes irányú adatáramlást, amelynek sebessége 75 bit/s. Ez az információforgalom független a főinformációáramtól. Jelei eltérnek a „rendes" információforgalom jeleitől. A hibavédelmi rendszer nagy megbízhatóságú. Ha az adás nyilvános távbeszélő-hálózat útján történik, annak a valószínűsége, hogy fel nem fedett hiba áll elő, 10^{-8}–10^{-10} nagyságrendű, vagyis elvileg csak minden százmilliomodik, tízmilliárdodik jel lehet hibás. Ha az összeköttetést bérelt telefonvonalon bonyolítják le, a hiba valószínűsége még kisebb.

A Telefongyár által kifejlesztett kis- és középsebességű adatátviteli végállomások is megfelelnek az ESZR előírásainak. Egész végállomáscsaládról van szó. Ennek kis sebességű tagjai a TAP–1 és a TAP–70. Ezek 100 bit/s sebességgel vihetnek át adatokat. A TAP–2 sebessége már 200 bit/s. A TAP–3 és a TAP–11 révén 600–1200, illetve 600–4800 bit/s átviteli gyorsaságot lehet elérni. A TA–600-as adatátviteli végállomás 600–1200 bit/s sebességet tesz lehetővé. Ezek az adatátviteli végállomások modem alkalmazásával távbeszélő hálózatra kapcsolhatók.

Mindezeknek az adatvégállomásoknak, ennek az egész adatvégállomás-családnak az alaptípusa a TA–600 középsebességű adatvégállomás. Ez 5, 6, 7 vagy 8 csatornán szállíthatja a jeleket, kezelő nélkül, automatikusan is üzemelhet. Integrált áramköröket, félvezető tároló elemeket (MOSIC tároló elemeket) tartalmaz, adatátviteli sebessége – amint említettük – 600–1200 bit/s. Nemcsak arra alkalmas, hogy a távolba küldjön vagy a távolból vegyen adatokat, hanem arra is, hogy helyileg szállítson át adatokat az egyik perifériáról a másikra (másoló üzemmód). Ez lehetőséget ad a perifériás berendezések (pl. az elektromechanikus lyukszalaglyukasztók, lyukszalagolvasók) működésének ellenőrzésére is. Az adatokat – amint szintén említettük – blokkokban szállítja. Minden blokk három részből áll: a blokk sorszámából, magából az adatsorból és az ellenőrző részből. A sorszám és az ellenőrző rész 4, illetve 16 bitet tartalmaz, az adatrész 120–240 bit hosszúságú lehet. Az egész blokk ilyen módon 140 vagy 260 bitből állhat. Ha a vevőberendezés paritáshibát észlel, a bemenetre kapcsolt perifériás berendezés megáll, maga a végállomás a „várakozás állapotába" kerül, és riasztja a gépkezelőt. A felügyeleti csatornán a gépkezelők beszélgethetnek egymással. Beavatkozhatnak az adatszállítás automatikus menetébe, megállíthatják, újra megindíthatják az adatfolyamot, eközben automatizmus gondoskodik a megszakítás pillanatában fennálló állapot befagyasztásáról és sértetlen megőrzéséről („beszéd állapot", „várakozás állapot"). Automatikus üzemmód esetén a TA–600 végállomás emberi felügyelet nélkül éjjel-nappal üzemelhet. Ha azonban ember van jelen, vagyis van gépkezelő, akkor a fő berendezés vezérlőpanelén elhelyezett lámpák és kapcsolók állapotai jelzik számára az üzemi állapotot, hiba esetén pedig hang- és felvillanó fényjelek riasztják. Amennyiben helyi, másoló üzemmódban működik, lyukszalagolvasó, lyukszalaglyukasztó is csatlakoztatható hozzá.

Ezeknek az adatvégállomásoknak telefonvonalhoz történő illesztését az ugyancsak a Telefongyár fejlesztésében előállított modemek: a TAM–200 és a TAM–600 típusjelű modemek láthatják el. A TAM–200 akkor tudja kiszolgálni az adatvégállomást, ha az átviteli sebesség sem az egyik, sem a másik irányban nem haladja meg a 200 bitet másodpercenként. Harmadik generációs kivitelű, analóg és digitális integrált áramköröket tartalmaz. A jeleket frekvenciamodulációval alakítja ki. A TAM–600 ugyancsak frekvenciamodulált jelsorozatokat állít elő, így teremt kapcsolatot az adat-végberendezés és a távbeszélővonal között, ide is, oda is.

Az adat-végberendezés felől érkező soros, bináris jelsorozatot frekvenciamodulált jelsorozattá alakítja át, amikor a távbeszélővonalra löki, a távbeszélővonalról érkező frekvenciamodulált jelsorozatot pedig soros, bináris jelsorozattá alakítja át, amikor az adatvégállomás felé továbbítja. 1200 bit/s-es adatátviteli sebesség esetén is használható. A felügyeleti csatornán eközben 75 bit/s sebességgel folyhat az adatáramlás.

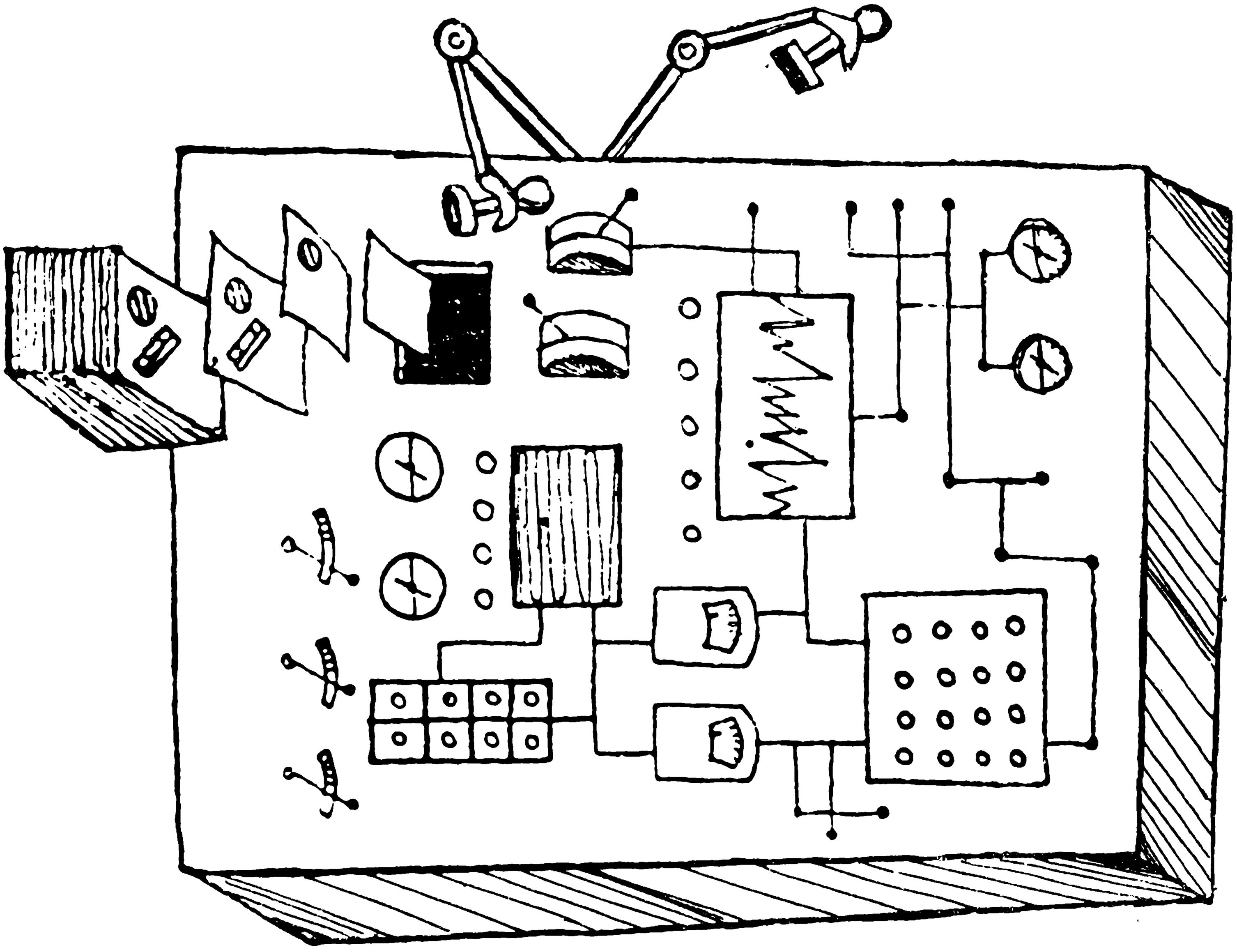
Integrált áramkörök fejlesztésével foglalkoznak a Híradástechnikai Kutatóintézet kutatói, integrált áramköröket tartalmazó alkatrészek fejlesztésével és előállításával pedig többek között az Egyesült Izzólámpa és Villamossági RT., a KONTAKTA Alkatrészgyár, a REMIX Rádiótechnikai Gyár és más vállalatok.

7 ELEKTRONIKUS ÜGYVITEL

Bérelszámolás

Mire használható az elektronikus digitális számítógép? Elvileg minden olyan feladat elvégzésére alkalmas, amelynek megoldását egyértelműen, véges számú, sorrendbe állított művelettel ki tudjuk jelölni; vagyis minden olyan feladat megoldására alkalmas, amelynek az algoritmusát fel tudjuk állítani, amelynek az algoritmusa alapján programot tudunk szerkeszteni. Röviden: a számítógép mindent elvégezhet, aminek a programját közölni tudjuk vele. A számítógépnek ebben az értelemben univerzálisak a képességei, csak az embertől, a programozótól függ, mennyiben tudja kihasználni ezeket. Anélkül, hogy e kérdés részleteibe bocsátkoznánk, gyakorlati megközelítésével próbálkozunk. Megvizsgáljuk közelebbről azt, mi hasznát láthatják a számítógépnek mondjuk az irodai adminisztrációban.

Közvetlenül a számítógép megjelenése előtt az iroda modern gépesítésének színvonalát a lyukkártya és a *Hollerith*-rendszerű lyukkártya-feldolgozó gépek jelentették, vagyis az ún. Hollerith-rendszer. A Hollerith-lyukkártya – amelyről korábban már szóltunk – 80 oszlopában, oszloponként 10–10 decimális számjegyével elvileg bármilyen adat rögzítésére alkalmas. Feljegyezhetik rá pl. azt, hogy egy-egy munkás, alkalmazott mennyi munkát végzett valamely héten. Ebben az esetben a kártya bérelszámolás alapját képezi. Hogyan történik ez az adatrögzítés? A kártya első két oszlopába azt lyukasztják be, hogy mi a kártya rendeltetése: az első és a második oszlopban kilyukasztott számjegyek azt adják tudtul, hogy bérelszámoló kártyáról van szó. Minden iroda önkényesen szabhatja meg, hogy melyik kártyafajtát milyen kódszámmal kívánja jelölni. A következő öt oszlop lyukasztásai a dolgozó törzsszámát jelölhetik meg (ugyanilyen törzsszámon egy másik kártya is készül róla, ez a törzsadatokat tartalmazza). A következő oszlopok bejegyzései – megállapodás szerint – arra vonatkozhatnak, hogy a munkás milyen fajtájú munkát végzett, mennyit végzett belőle (pl. hány darab késztermékét állított elő), hogy ezért milyen jellegű bér (pl. időbér vagy darabbér, vagy másfajta norma



szerint járó bér) jár. Megint más oszlopokban számot adhatnak a felhasznált anyagról stb. A legtöbb oszlopot természetesen magának a bérelszámolásnak az adatai számára kell fenntartani.

A bérelszámoló kártyákat rendezőgépbe teszik. A rendezőgép valamely szempont szerint szétválogatja, rendezi a kártyákat. Ha pl. azokat az oszlopokat adják meg a rendezőgépnek válogatási szempontként, amelyek a törzsszámot tartalmazzák, akkor a törzsszámok szerint fogja sorba állítani a kártyákat. Amennyiben a törzsszámok több oszlopban foglalnak helyet, akkor esetleg a rendezésnek is annyi munkamenetben kell lezajlania, ahány oszlopot érintenek a törzsszámok. Az így rendezett kártyák azután a válogatógépbe kerülnek. Itt már keverednek a törzskártyákkal. Az alkalmazottakról mindazokat az adatokat, amelyek nem vagy csak ritkán változnak, a törzskártyák őrzik. A törzskártyákra lyukasztják be azt, hogy a dolgozó milyen általános bérfeltételek közepette dolgozik, hogy családi körülményei jogosulttá teszik-e családi pótlékra, hogy milyen állandó vagy ritkán változó jellegű levonások terhelik a keresetét stb. Ezeket a törzskártyákat is beteszik a válogatógépbe, s a válogatógép szépen egymás mellé állítja azokat a bérelszámolási kártyákat és azokat a törzskártyákat, amelyeken azonos törzsszámokat talál. Ezután az így sorrendbe állított összes kártyák átvonulnak egy újabb berendezésbe, amelynek az a rendeltetése, hogy elvégezze a bérelszámolás tényleges munkáját. Ez az összegezőberendezés. Ezt programozzák – méghozzá nagyon egyszerű módon –, kézzel. Kapcsolótábláján dugaszolással lehet azokat a kapcsolatokat létrehozni, velük azokat a műveleteket kijelölni, amelyekre éppen szükség van. Amennyiben a számítógép fogalmaiban gondolkozunk, akkor ezt az összegezőberendezést olyan „aritmetiká”-nak tekinthetjük, amelynek van bemenete (kártyaolvasó egysége) és kimenete (kártyalyukasztó egysége) is. A gép a bérelszámoló kártyák és a törzskártyák adataiból előállítja a bérelszámolás adatait, és ezeket vagy új kártyákra írja rá, vagy a bérelszámoló kártyák e célra fönntartott oszlopaiba lyukasztja be. Amennyiben úgy programozzák: külön kártyákon tárolja a bérelszámolási műveletek közbenső eredményeit, összegeit, szorzatait, ezeket egy ideig – hibák, reklamációk stb. lehetőségére gondolva – megőrizhetik az irodában.

Az összegezőgépből újból rendezőgépbe kerülnek a kártyák, amely fajták szerint ismét különválasztja őket. Azokat a kártyákat, amelyekre továbbra is szükség van, tárolják, a bérelszámolási adatokat tartalmazó kártyákat viszont újabb gépbe, táblázógépbe teszik, amely elolvassa őket,

és decimális számjegyek, illetve betűk és számjegyek alakjában, táblázatosan ki is nyomtatja az adatokat. Ezzel elkészült a bérjegyzék.

Az elektronikus számítógép – a legegyszerűbb esetben – tulajdonképpen ugyanezeket a műveleteket végezheti el számunkra a bérelszámolásban, csakhogy ez esetben két lényeges különbség mégis mutatkozik: az összes műveletek egyetlen folyamatos munkamenetben futnak le, és sokkal gyorsabban. A jó öreg lyukkártyák itt is megfelelnek a célnak – a munkamenet elején is meg végén is. Ami azonban közbül történik, abban már a számítógép játszik uralkodó szerepet. A számítógépbe betáplálunk egy készen álló ún. rendezőprogram-csomagot. Ezzel a programmal előzetesen csak a rendezés szempontjait kell közölni, s ekkor ez a program maga állítja elő, „generálja" azt a rendezőprogramot, amelyre éppen szükség van. A rendezés szempontjait – kritériumait – ún. vezérkártyákba lyukasztják be, ezeket a rendezendő kártyahalom elé teszik. A gép tehát először a vezérkártyák adatait olvassa le, azután a vezérkártyák szempontjai szerint végzi el a rendezést. A rendezőprogram „kényelme" szempontjából a kártyák adatait esetleg lyukszalagokra vagy mágnesszalagokra, mágneslemezekre viszik rá. Ugyanilyen programcsomaggal, az ún. „sort-merge-program"-mal, azaz a válogató–elegyítő-programmal vezérelik a bérelszámolást megelőző többi műveleteket – a bérelszámoló kártyák és a törzskártyák adatainak sorba állítását.

A számítógép egy újabb program alapján elvégzi azt, amit az összegező végez el a Hollerith-rendszerben: kiszámítja a béreket, ha szükséges, feljegyzi a közbenső összegeket és szorzatokat stb. Megint más program az eredményeknek táblázatos formában történő kinyomtatására ad parancsot, azaz parancsot ad a bérjegyzék kiállítására. Eközben tetszés szerint ráküldheti a megőrzendő adatokat lyukszalagokra, lyukkártyákra, mágnesszalagokra, mágneslemezekre is.

Ami számunkra a leglényegesebb: szükségtelen, hogy a rendezőprogramot, a sort-merge-programot és az összes többi programokat külön-külön küldjük be a számítógépbe. Ezek egyidejűleg folyhatnak be a számítógépbe, és ily módon a számítógép egyetlen munkamenetben, nagyon rövid idő alatt szolgáltatja a bérjegyzéket, továbbá esetleg a másfajta adatrögzítőkön – lyukszalagokon, mágnesszalagokon, mágneslemezeken – őrzött adatokat is. Amennyiben a bérelszámolással egyidejűleg más műveleteket is elvégeztetünk, ezek eredményeit is ugyanennek a munkamenetnek az eredményeképpen, a bérlistával egyidejűleg készen kapjuk meg. Így a számítógép ugyanebben a munkamenetben módosíthatja a

törzsadatállományt, és természetesen létrehozhatja azt a lyukszalagot, lyukkártyaköteget vagy mágnesszalagot is, amely a törzsadatok megőrzése céljából készül. Külön jegyzéken kinyomtathatja a társadalombiztosítási járulékok összegeit, az adóbefizetések összegeit, a feldolgozott adatok alapján statisztikai kimutatásokat készíthet a legkülönbözőbb szempontok szerint, jelentéseket állíthat elő felsőbb szervek számára stb. Itt tehát mindez egyidejűleg folyik le – a folyamat nem bomlik szét szakaszokra, és nincs szükség az egyes szakaszok elején közvetlen emberi beavatkozásra. S ha nagyon sok munkás, alkalmazott bérelszámolásáról van szó, ha nagyon nagy tömegű adatot kell feldolgozni, akkor a gép gyorsasága igen nagy előnyt biztosít a Hollerith-rendszerű eljárással szemben.

Az igazság kedvéért meg kell jegyeznünk, hogy igen nagy tömegű adat esetén csak a nagyobb memóriakapacitással rendelkező számítógépek képesek e' munkamenet folytonos, megszakítás nélküli teljesítésére. Amennyiben kis gép áll csak rendelkezésre – amelynek tárolókapacitása nem elégséges ahhoz, hogy egyszerre fogadja be a szükséges adatokat –, akkor esetleg több program külön-külön futtatására van szükség. De még ebben az esetben is igen nagy az időnyereség a Hollerith-gépparkon történő feldolgozással szemben.

Amennyiben a bérelszámolást számítógépre bízzák, az iroda személyzetének semmi mást nem kell tennie, csak nyilvántartania és rögzítenie azokat az adatokat, amelyek a számítógép munkájához szükségesek. Nyilvántartania és rögzítenie kell azokat az adatokat, amelyek a számítógép munkájának eredményeképpen állanak elő. A törzsadatok nem vagy csak ritkán változnak. Részben természetesen mégiscsak változnak: a családban meghal valaki, a család új jövevénnyel gyarapodik, gyermektartási kötelezettség lép fel vagy szűnik meg stb. Új dolgozó lép be a gyárba, új törzslapot kell nyitni a számára, elhagyja egy dolgozó az üzemet, meg kell szüntetni a törzslapját stb. Mindezeket a változásokat át kell vezetni a törzskártyákon, azaz folyamatosan kell lyukasztani őket, illetve új kártyákkal kell helyettesíteni a forgalomból kivonódókat. Ez naponta elvégzendő feladat. A hét végén azután ezeket az új vagy megváltozott törzskártyákat – nem külön, hanem a bérelszámolás munkamenete során – beolvastatják a gépbe, a gép pedig eszerint módosítja a törzsadatokat őrző mágnesszalagot, mágneslemezt, és a munkamenet végén új, az új adatoknak megfelelően módosított törzskártyákat is kidob. A műhelyekből, az osztályokról naponként vagy a hét végén érkeznek be a

jelentések a teljesített munkáról, a hiányzásokról, a felhasznált anyagról, az előállított késztermékekről stb. Ezeket az adatokat is be kell lyukasztani a bérelszámolási kártyákba. A hét végén ezeket az adatokat is beolvastatják a számítógépbe – most sem külön, hanem a bérelszámolás rendes munkamenete során –, és a számítógép mágnesszalagra, mágneslemezre viszi őket. Amikor a számítógép elvégezte a dolgát az összes általa kinyomtatott dokumentumok az irodára kerülnek: a bérjegyzékek, azok a jegyzékek is, amelyek megadják, hogy a bérek kifizetéséhez, borítékolásához milyenfajta pénzből (500 forintosból, 100 forintosból, 50 forintosból, 20 forintosból, 10 forintosból, 5 forintosból, 2 forintosból, 1 forintosból, 50 filléresből, 20 filléresből stb.) hány darabra van szükség, és megadja a gép a társadalombiztosítási járulékra, az adóbefizetésekre, a statisztikákra, a jelentésekre vonatkozó nyomtatványok számát is. Ugyanezek a dokumentumok egyidejűleg külső adathordozókra – lyukkártyákra, lyukszalagokra, mágnesszalagokra, mágneslemezekre – is kerülnek, ezeket is őrizni kell. Az iroda alkalmazottjainak – akik ilyen módon megmenekülnek magának a bérelszámolásnak aprólékos munkafolyamataitól – idejük marad arra, hogy törjék a fejüket: miképpen lehetne új szempontok szerint olyan kimutatásokat készíttetni a számítógéppel, amelyeknek hasznát vehetnék a rendtartásban, az előrelátásban.

A raktárban

A számítógép rendben tarthatja a raktárakat is. A raktár olyan szerepet tölt be a vállalat – a kereskedés, az üzem – életében, mint a vasútállomás egy kisvárosban: abból, hogy mikor, ki, mi érkezik meg a pályaudvarra, és mikor ki, mi indul el onnan –

bizonyos értelemben következtethetünk a kisváros egész életére. A raktár számítógépes nyilvántartása ezért éppen úgy alapjává válhat az adminisztráció kiterjedt, szinte általános automatizálásának, mint a bérelszámolás számítógéppel való megoldása az irodai adminisztrációénak.

A számítógép mindenekelőtt közvetlenül vezérelheti azokat a munkafolyamatokat, amelyek magában a raktárban játszódnak le. Ebből a célból azonban a raktárt megfelelőképpen kell berendezni, megszervezni. A korszerű forma: a magasraktár. Itt az őrzött tételeket egymás felett elhelyezkedő rekeszekben tárolják. Minden tétel egy-egy hordozólemezre kerül. Egy hordozólemez csak egyfajta anyagot stb. tartalmazhat. Minden hordozólemez egy-egy rekeszbe kerül. A hordozólemez és a rekesz méretei szabványosítottak. A lemezeket emelőgépekkel viszik a rekeszekbe.

Az ilyen magasraktáras vállalat rendszerint megegyezik a szállítóival abban, hogy az árut hordozólemezekre rakva küldik, vagy pedig olyan módon csomagolva, hogy egyszerre hordozólemezekre tehessék át. Amikor beérkezik egy-egy tétel – egy-egy lemezen – kártyával látják el. Ez a kártya – a szokásos lyukak alakjában – tartalmazza mindazokat az adatokat, amelyek a raktári nyilvántartáshoz szükségesek: milyen anyag, milyen mennyiségben, mikor érkezett be stb. A kártyán egyidejűleg megjelölik azt a rekeszt is, amelybe a lemeznek kerülnie kell. A lemez ezzel a kártyával indul el az útjára. Amikor – különböző minőségi stb. átvételi vizsgálatok után – a vezérlőasztalhoz érkezik, a vezérlőasztal kezelőjének nem kell mást tennie, mint levennie róla a kártyát, és behelyeznie egy lyukkártyaolvasó berendezésbe. A számítógép elolvassa a kártyát, és az olvasottak alapján vezérli az emelőgépet, hogy az a lemezt a megfelelő rekeszhez szállítsa és oda behelyezze.

Amikor a magasraktárból árut szállítanak ki, ugyancsak kártyát olvastatnak el a számítógéppel. Ez a kártya az ún. igénykártya. Ezt vagy az irodában állítják ki a megrendelések, a műhelyek igényei stb. alapján, vagy a számítógéppel lyukasztatják ki annak a dokumentumnak az alapján, amelyet vele elolvastatnak. A számítógép nem közvetlenül használja fel az igénykártyát a vezérléshez: erre a célra külön kiemelési kártyát lyukaszt. A kiemelési kártya már pontosan tartalmazza annak a rekesznek a számát is, amelyből az igényelt tételt tartalmazó lemezt ki kell emelni. A számítógép meghatározott kritériumok alapján jelöli meg ezt a rekeszt: figyelembe veszi, hogy az adott anyagból mennyi van még raktáron, hol vannak szabad rekeszek, melyik volt az a rekesz, amelyből legrégebben, és melyik az, amelyikből legújabban vettek ki lemezt. A számítógép elő-

ször a „maradék" lemezekből igyekszik kielégíteni az igényt – vagyis azokat a lemezeket mozgatja meg, amelyeken az áru mennyisége nem éri el a szabvány szerinti lehetséges maximumot –, s csak azután nyúl hozzá a többi lemezhez, ha a maradékok az igény kielégítésére nem elegendők.

Ilyen magasraktár-irányítás és -készletnyilvántartás valósul meg IBM számítógép segítségével pl. az NSZK-beli Heyden cégnél. Itt gyógyszeripari termékeket, a gyártásukhoz szükséges nyersanyagokat helyeztek el magasraktárban. Két automatikus, vezérelhető rakodógép végzi a szállítást a raktáron belül. A rekeszekben elhelyezhető lemezek 800×1200 mm-esek, egyenként 600 kg-os maximális terhet hordozhatnak. A rekeszekben a rakodási magasság maximum 1200 mm. A raktározási rendszer „kaotikus", amin azt kell érteni, hogy bármilyen típusú anyag bármely rekeszbe kerülhet, ámde a számítógép jól eligazodik ebben a „káosz"-ban. Azokat az árukat, amelyek valamilyen oknál fogva nem tárolhatók a vezérelt magasraktárban – pl. azért, mert robbanásveszélyesek, mert hűtésre van szükségük, mert sokkal kisebb a mennyiségük, mint amennyit a lemezen gazdaságos tárolni stb. – egy külön mellékraktárban tárolják. Ámde ezt is hasonló módon szervezték meg, mint a főraktárat.

A műhelyekből, a gyártásból olyan nagytartályokban érkeznek meg a készáruk, amelyek megfelelnek a lemezek nagyságának. Ha a számítógép valamely áru számára már nem talál helyet a raktárban, vagy valamely igényt nem tud a raktárból kielégíteni, akkor ezt jelenti a diszpécsernek: „az igény csak részben elégíthető ki", „az igény nem elégíthető ki 0 mennyiség miatt" stb. A rendszer módot ad arra, hogy sürgős esetben „meg lehessen kerülni a számítógépet". A vezérlőasztal kezelője igénykártya nélkül is leemelheti valamely rekesz kísérő kártyáját, bedughatja az olvasóberendezésbe: ebben az esetben a számítógép vezérelni fogja a darut, kiveteti vele a lemezt a rekeszből, és a rakodóra szállíttatja. Ilyen esetben a vezérlőasztal kezelője felülbélyegzi a kísérőkártyát, és beolvastatja a számítógépbe, amely ezt tudomásul veszi, és a kivétet könyveli.

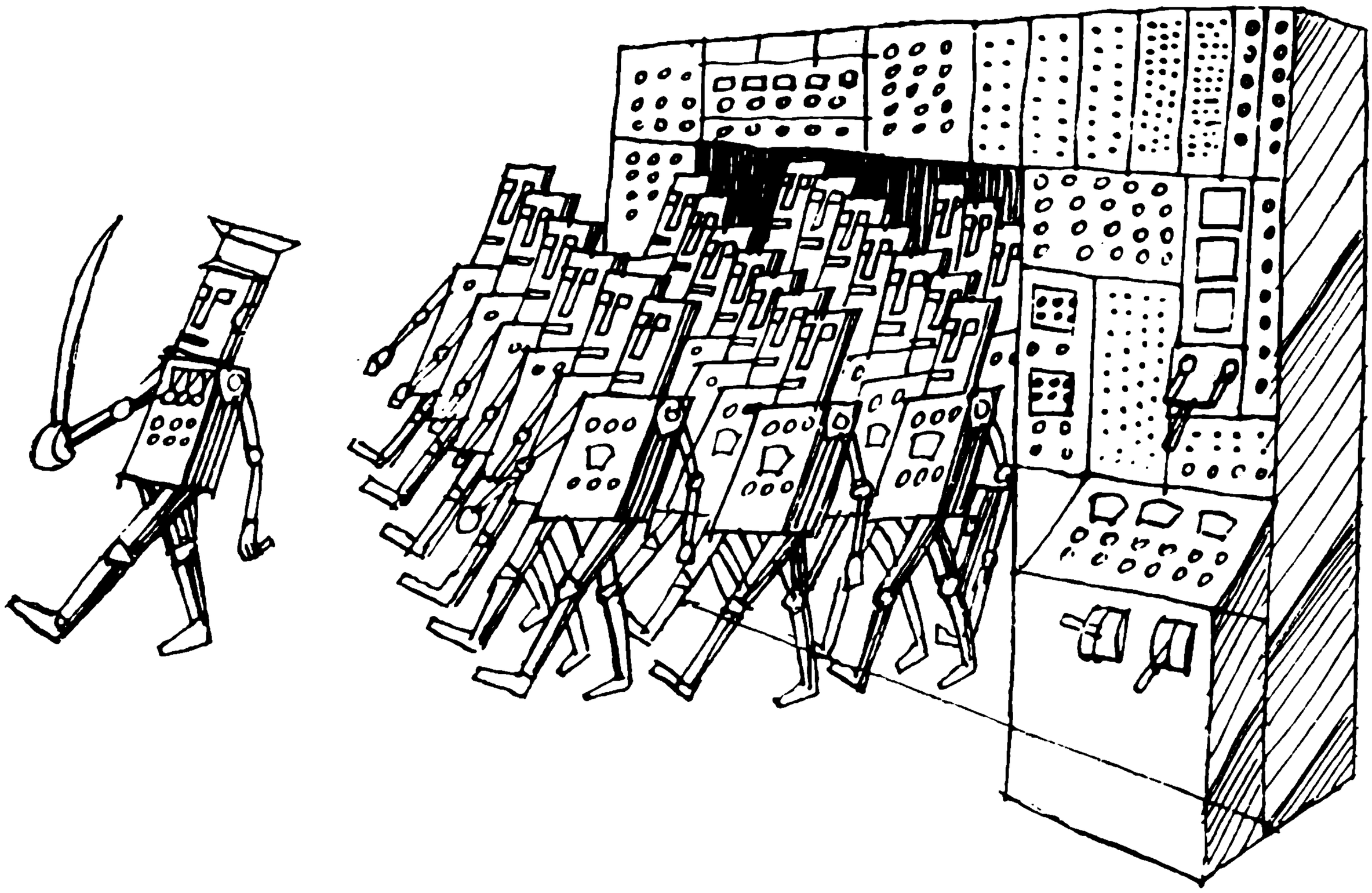
Ugyanilyen számítógépes raktárirányítás valósul meg, ugyancsak IBM (360-as) számítógép segítségével a CIBA Rt svájci gyógyszergyár Montheyben működő üzemében. Itt az egyes rakodólapok 700 kg-os terhet bírnak el. Itt is mellékraktárat állítottak fel a robbanásveszélyes, gyúlékony stb. termékek számára. Láncos, görgős szállítósorok szállítják az árut, azután veszi át csak az uralmat a magasrakodó daru. Az ellenőrzőtoronyban ott ül a gépkezelő. Ebben a raktárban a beérkező rakodólap szállítószalagra kerül, s csak akkor haladhat tovább, amikor a számító-

gép engedélyt (jelet) ad. A számítógép pedig csak akkor ad „mehet" jelzést, ha megtörtént a szállítmányt kísérő dokumentum ellenőrzése. A dokumentum ellenőrzésére zárt láncú tévét alkalmaznak. A számítógép itt is „káosz"-ban keres helyet a rakodólapnak, egyben táblázatra is kinyomtatja, hol találja meg ezt a helyet. Ha mindez megtörtént, a számítógép utasítja a darut, hogy szállítsa a rakodólapot a kijelölt rekeszbe. A daru menet közben mérlegre teszi a rakodólapot, a mérlegelés adatai automatikusan kerülnek számítógépbe.

A kiszállítások általában azoknak a jegyzékeknek az alapján történnek, amelyeket a számítógép az előző nap kinyomtat, és a személyzet rendelkezésére bocsát. A számítógép ezt a jegyzéket az irodáktól kapott megrendelések, illetve a lyukkártyák alapján állítja ki. A számítógép ennek a jegyzéknek az alapján vezérli a darut a rakodólapok kivételére, szállítására. Végül is a rakodólap a görgős-láncos szállítószalagon a megfelelő vagonhoz, tehergépkocsihoz jut. Itt is mód van arra, hogy hiba vagy sürgősség esetén a személyzet „megkerülje a számítógépet".

Készlet-stratégia

A számítógépes raktárvezérlésre és nyilvántartásra az adminisztratív műveletek jóval szélesebb köre is ráépíthető. Ilyenkor az irodának az a dolga, hogy előkészítse a munkát számítógép számára, és tudomásul vegye a számítógép tevékenységének eredményeit, illetve ezeknek az eredményeknek megfelelő intézkedéseket tegyen. Mit kell csinálni az irodában? Kártyákat kell lyukasztani a beérkező áruk kísérőjegyzékeiről, arról, hogy beérkeztek magába a raktárba, és ott átmentek a szükséges átvételi vizsgálatokon, a számláról, amely az áruról érkezik stb. Ezeket a kártyákat naponként vagy más meghatározott időközökben be kell olvastatni a számítógépbe. Ugyanígy kártyákat kell lyukasztani a kiszállított áruk kísérőjegyzékeiről, a kiszállított áruk átvételét igazoló dokumentumokról stb. Ezeket is be kell olvastatni a számítógépbe. A számítógép ezek alapján állítja ki a számlákat, továbbá jelentéseket küld a raktár állományáról. Amennyiben a raktár nemcsak „külső orientációjú", hanem „belső orientációjú" is, azaz nemcsak a külvilágnak szánt árukat tartalmaz, hanem olyanokat is, amelyek a vállalat saját termelőmunkájához szükségesek: a számítógépnek megbízásokat kell kiállítania a vállalat saját műhelyei részére is, sőt a számítógép raktárnyilvántartása a bérelszámo-



lás alapadatait is szolgáltathatja, legalábbis részben. Minden esetben fontos, hogy a raktárállomány alapján a számítógép gondoskodjék a készlet állandó feltöltéséről.

Ámde a számítógép ezt nem olyan „mechanikusan", „gépiesen" végzi el, mint az ember. Ez talán különösen hangzik, de így igaz. Az ember „emberi erővel" viszonylag nehezen tud olyan rendet tartani a raktárban, hogy a szükséges készletek ne süllyedjenek bizonyos kívánatos határ alá, és ne emelkedjenek bizonyos kívánatos határ fölé. A számítógép meg tudja ezt tenni. Egyszerű esetben közlik vele, hogy melyik árufajtából mennyi a megengedhető legkisebb és mennyi a megengedhető legnagyobb raktári készlet, arra is utasítják, hogy akár az egyik, akár a másik határt lépi is túl a készlet, időben adjon erről figyelmeztetést. A számítógép ezt „másodpercre kész" nyilvántartása alapján megteheti. A számítógép azonban ennél kifinomultabb módon is irányíthatja a raktárkészletek feltöltését: kiszámíthatja, mekkora az az optimális állomány, amelynek fenntartása a legkisebb veszteséget idézheti elő és a legnagyobb nyereséget adhatja a vállalatnak. Minden cikkből csak annyit enged raktáron tartani, amennyi a termelés folytatásához, illetve a vevők igényeinek kielégítéséhez szükséges (ideértve a biztonsági tartalékot is), és száműzi azt a „felesleget", amely csak a raktározási költségeket, a készletlekötési

járulékot, az igénybe vett pénzösszeg kamatait stb. növeli, illetve, amely már azzal fenyegeti az állományt, hogy az idő vasfoga megőrli (pl. elrozsdásítja). A számítógép figyelembe veszi a raktáron kívüli körülményeket is: mekkora az a legkisebb tétel, amelyet még „érdemes" megrendelnie – hiszen bizonyos állandó költségek a tétel nagyságától függetlenül lépnek fel, a szállítási költség vagy az árengedmény azonban esetleg a tétel nagyságától függ. A számítógép figyelembe veszi azt az időtartamot is, amely a megrendelés kiküldésétől a megrendelt áru beérkezéséig telik el. Mindezek alapján megállapít egy bizonyos „rendelési állomány"-t. Amennyiben a készlet a rendelési állomány szintje alá süllyed, automatikusan megrendelőlevelet állít ki, vagy felszólítja az irodát, hogy küldje ki a megrendelést. Amennyiben a kiszámított határidőre nem érkezik be a megrendelt áru (miközben a készlet a megengedett alsó határ felé süllyed), figyelmezteti az irodát, hogy lépjen közbe. Amennyiben a készlet az alsó határra süllyed, azaz éppen a „biztonsági állomány"-nál tart, riasztja az irodát.

A számítógép a raktári optimum kiszámításakor figyelembe veheti a „piaci körülmények"-et is. Ehhez persze bonyolultabb program szükséges. Ha valamelyik árucikk iránt nagy a kereslet, akkor a vele kapcsolatos tételek optimális készletét magasabban, ellenkező esetben alacsonyabban állapíthatja meg. A raktárkészletnek ez az optimalizálása az, ami itt a legnagyobb hasznot hajthatja, és ami számítógép nélkül egyáltalán nem lenne elérhető.

A raktárkészlet piaci viszonyokhoz történő igazítását lehet megvalósítani az IBM-nek IMPACT (*I*nventory *M*anagement *P*rogram and *C*ontrol *T*echniques, a raktárigazgatás programja és ellenőrzésének technikája) elnevezésű programrendszere segítségével. Ez a program mintegy a raktári beszerző tevékenységét szimulálja. Figyeli a kereslet és a kínálat alakulását, és eszerint dönti el, melyik cikkből, mikor, mennyit kell megrendelni. A programmal két területen végeznek vizsgálatot: a keresletet és az árak alakulását figyelik. Ami a keresletet illeti: féléves, kétéves adatokat vesz figyelembe. Kiszűri azokat a tényezőket, amelyekből a kereslet növekedése vagy csökkenése előállhat: ilyen lehet pl. valaminő irányzat megnyilvánulása, a szezonális kereslet vagy egyszerűen csak az „átlagos eltérés".

Ami az árstruktúrát illeti: itt tulajdonképpen nemcsak az árakat, hanem más tényezőket is figyelembe vesz, hogy a valóságos költségeket számíthassa ki: milyen árakon, milyen árengedményekkel kínálnak árut

a szállítók, milyen mennyiség esetén mekkora raktár- és készletköltségek merülnek fel. A két terület vizsgálata alapján minden cikkre vonatkozóan kiszámítja az optimális megrendelési mennyiséget, és ezt szállítók szerint bontja.

Ilyen módon állapít meg az IMPACT-rendszer raktárkészlet-stratégiát. Ennek a stratégiának a jegyében taktikai lépéseket is kiszámít. Így minden hónapban minden egyes cikkre vonatkozóan keresletbecslést végez, és ennek alapján diszpozíciót állapít meg a következő hónapra vonatkozóan. Ez tulajdonképpen az automata-beszerző javaslata, amely az ember-beszerzőnek szól, aki – más körülményeket is figyelembe véve – dönt arról, mit fogad el a javaslatból, és mit nem. A javaslat – a változtatásokkal együtt – visszajut a számítógépbe, amely ennek alapján kinyomtatja a megrendelési jegyzéket, a megrendelőleveleket. Az iroda ezenkívül naponként is kézhez kap egy diszpozíciós listát úgy, hogy „napra készen" értesül a raktárforgalom menetéről, illetve naponként be tud avatkozni a megrendelések menetébe, ha szükségesnek látja. A számítógép emellett különböző kimutatásokat készíthet, és válaszolhat – pl. egyes cikkekre vonatkozóan – külön kérdésekre is. Kérdéseket lehet hozzá intézni, és válaszokat lehet tőle kapni a megjelenítőjén is, ami sürgős esetben fontos lehet.

Az IMPACT-rendszert először élelmiszer-nagykereskedelemre orientálták, de alkalmazhatónak bizonyult a gyógyszerkereskedelemben, az elektromos cikkek kereskedelmében, teherautók, gépalkatrészek stb. nagykereskedelmében is. A tapasztalatok szerint a beszerzők a gépi javaslatok közül több mint 90%-ot, egyes helyeken 98%-ot is elfogadnak. A rendszer alkalmazása csökkenti (némely esetben több mint 50%-kal) a raktárkészletet, ugyanakkor ugrásszerűen megnöveli a raktár kiszállítási képességét. A raktárforgalom némely esetben 20-30%-kal is növekedhet. A géppel azt is kiszámíthatják, hogy miképpen függ össze a készletcsökkenés a szállítási készség csökkenésével – vagyis lehetőség van olyan vizsgálatok végrehajtására, amelyek „távlati raktárpolitika" kialakítását teszik lehetővé.

Kimutatások

Nem feltétlenül szükséges, hogy az irodai ügyvitel gépesítését a bérelszámolás vagy a raktárkezelés adataira építsék. Ezektől teljesen függetlenül

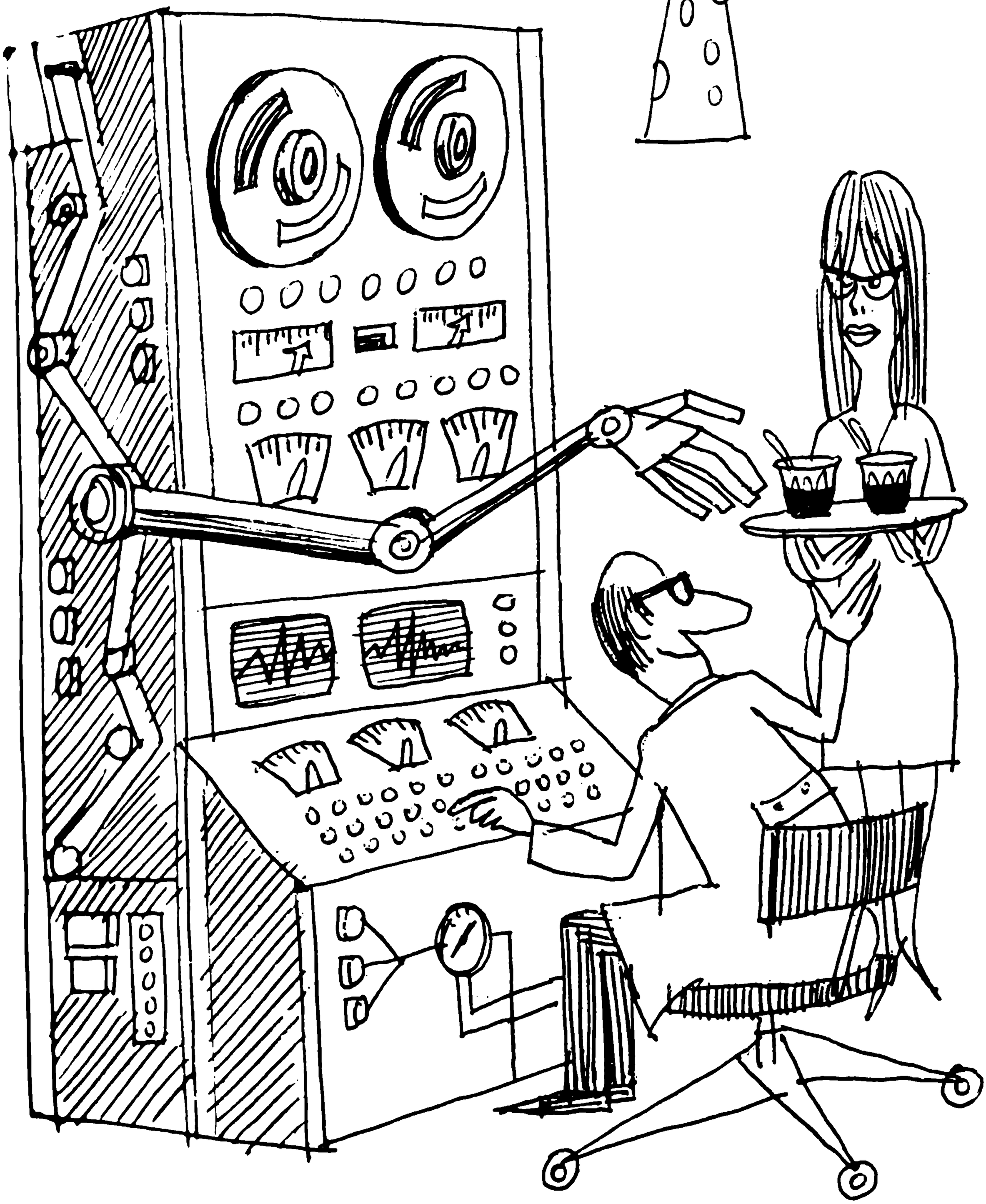
is megvalósítható az ügyintézés legkülönfélébb műveletsorozatainak automatizálása számítógép segítségével. Erre a célra a legkülönfélébb programcsomagok szolgálnak. Ezek rendszerint olyan programrendszerek, amelyek valamely folyamat programját aszerint képesek kialakítani, hogy milyen rendező, irányító szempontokat („paramétereket") közölnek velük. E szempontokat – paramétereket – ún. paraméterkártyákon kell közölni. Ha most az adatokat beolvassák a gépbe, a gép a program alapján elvégzi az adatok megfelelő feldolgozását: a megadott paraméterek szerint rendezi, válogatja, keveri, összegezi stb. őket, hogy végül is a szükséges eredményadatok álljanak elő. Ilyen módon készülnek a kimutatások, a statisztikai összeállítások. Táblázatok készítéséhez külön programnyelvet (*R*eport *P*rogram *G*enerator – RPG, jelentést készítő programgenerátor) használnak. Ezzel a táblázás megadott szempontjait és a külalak követelményeit is képes figyelembe venni a gép. Vannak olyan programcsomagok is, amelyek szubrutinokból („makro"-kból) állnak, ezekből vezérkártyák segítségével a programozó valamely konkrét ügyviteli feladat megoldására maga tud összeállítani „testre szabott" programokat. Csak az érdekesség kedvéért említjük meg, hogy a számítógép, illetve kezelője, az ember, az irodai ügyvitelben nem bizonyul tévedhetetlen adminisztrátornak. A Flammarion Kiadó havi 16 000 frankért bérelt egy IBM számítógépet. Ez készítette elszámolásait, számláit. De hibák léptek fel, késedelmet okozva. Emiatt a kiadó ügyfeleinek jelentős részét elveszítette, arról már nem is szólva, hogy követelései is csak nagy késedelemmel folytak be. A kiadó ezért pert indított, két és félmillió franknyi kártérítést követelve az IBM-től. Az IBM védekezésében megállapította, hogy nem a számítógép volt alkalmatlan feladatainak a teljesítésére, hanem a kiadó végezte el hibásan az előkészítő munkálatokat, márpedig a géptől csak azt lehet várni, amit az előkészítés megenged. (Mellesleg a szakmában közhelyként idézik a helytelen adatelőkészítésre és hibás programozásra vonatkozóan a következőket: „Ha szemét megy be, szemét jön ki".) Ugyancsak a számítógépes adminisztráció hibájából érkeztek pornográf képek több ezer francia kisgyerek címére. Elképzelhető az öthat esztendős kisfiúk, kislányok szüleinek a megbotránkozása! Itt az történt, hogy a számítógép kezelője tévedésből a gyerekek címlistáját közölte a géppel, a felnőtteké helyett. A kiadóvállalat igazgatója mentegetőző táviratokat küldött szét az összes sértett címzetteknek.

Magyarországon is terjed az irodai ügyvitel különböző műveleteinek automatizálása. Nagy közszolgálatú üzemek számítógépre bízzák a számlák kiállítását. Budapesten pl. a Posta géppel számláztatja a telefonbeszélgetéseket. A főváros havonta közel 500 000 közüzemi számláját elektronikus számítógép készíti. Ezek a számlák egymillió árammérő, 360 000 gázmérő, 120 000 vízmérő, 100 000 távfűtési és melegvíz-szolgáltatási egység stb. által mért adatok alapján készülnek. Összesen mintegy 11 szolgáltatásfajta 7,3 millió tételéről van szó. A különböző szolgáltatásfajták díjtételei azonos számlára kerülnek. Évi 2 milliárd forintra rúg a számlázott díjak összege.

A mérési adatok feldolgozása és ezek alapján a számlák elkészítése az IBM–360/40 jelű számítógépen történik. Az adatokat ún. OMR-kártyákra (*O*ptical *M*ark *R*eading, optikai jelolvasó kártyákra) viszik rá. Ezek olyan kártyák, amelyekre a mérőeszközöket leolvasó díjbeszedők kézzel, ceruzával jegyezhetik fel a mérők állását a megfelelő rovatokba. Ez a bejegyzés már közvetlenül olvasható az automata számára, semmiféle átkódolására nincs szükség. A kártyák egy fotoelektromos olvasóberendezésbe kerülnek. Ez az olvasóberendezés a ceruzajelekről visszaverődő fény segítségével ismeri fel a jeleket. Amikor a kártyák elhaladnak az olvasóberendezés előtt, akkor megvilágítják őket, ilyenkor a ceruzajelek kevesebb fényt vernek vissza, mint a kártya többi részei, és ilyen módon az olvasóberendezés a visszavert fény különbségeiből érzékelni tudja a jelek jelenlétét. Ugyanezeken a kártyákon lyukasztások is vannak. Ezeket azonban nem a díjbeszedőknek kell a kártyákra rávinniük. A kártya bal oldalán lyukak alakjában helyezkednek el azok az adatok, amelyek a fogyasztók törzsadatait képviselik. A mérőállásra vonatkozó ceruzajelek a kártya jobb oldalára kerülnek. A kártya bal szélén négy fekete vonal jelzi az olvasógépnek, hogy olyan kártyáról van szó, amelyben a lyukak mellett ceruzával írt jelek is vannak. A gép ebből tudja meg, hogy nem „közönséges", hanem OMR-kártyákról van szó.

A fogyasztók törzsadatait egyébként a számlázó központban tárolják, és ennek segítségével ugyancsak automatikusan, kártyalyukasztó segítségével lyukasztják be az OMR-kártyákba a törzsadatokat.

A díjbeszedők különleges észrevételeket is közölhetnek a kártyán ceruzajelekkel. Az ilyen feljegyzések befogadására „jel"-rovat szolgál. Ide egy-egy számot kell bejegyezni, ez megegyezés szerint megfelel az észre-



vétel tartalmának. Így pl. a számok a következőket jelenthetik: 0 = fogyasztó írta ki a mérőállást; 1 = zárt lakás, nem tudtuk leolvasni; 2 = méretlen áram vagy gáz; 3 = indokolatlanul csökkent vagy növekedett a fogyasztás; 4 = fordult a mérő; 5 = törött az üveg a mérőn, horpadt, rongálódott a mérő; 6 = visszafelé jelez a mérő.

A nagykereskedelmi megrendelések gépi bontása valósul meg – többek között – a Budapesti Tejipari Vállalatnál, a KERINFORG Belkereskedelmi Ügyvitelszervezési és Információfeldolgozási Intézet programjai és számítógépe segítségével. Ez esetben – az adminisztráció automatizálásának időpontjában – a vállalat 4500 boltot látott el tejjel, tejtermékkel, és a vállalat három telepéről, a Bartók Béla úti, a Rottenbiller utcai, továbbá a rákospalotai telepről éjfélkor, a Budafoki Sajtüzemből pedig reggel hatkor kellett kigördülniük az első teherautóknak, hogy szállítmányaikkal kellő időben elérjék a boltokat. Csak a számítógéptől remélhették azt, hogy megszabadulnak a határidő átlépésének állandó veszélyétől – nem is szólva a hagyományos módon folyó adminisztráció okozta túlóraterhektől. Az új rendszerben a járatok gépkocsivezetői, illetve kocsikísérői az áru kiszállításával, átadásával egyidejűleg összegyűjtik a boltok megrendelőlapjait. Ezeket a megrendelőlapokat később átadják a vállalat irodájának. Az iroda adminisztrátorai azonossági számokkal látják el a megrendelőlapokat, s azok tőlük a lyukszalagkészítő részlegbe kerülnek. Itt adminisztrátorok ADDO-rendszerű gépek segítségével lyukszalagokra billentyűzik rá a megrendelőlapok adatait. Ezzel tulajdonképpen be is fejeződik a munka a vállalat irodáiban. A többi már a számítógép dolga. A lyukszalagokat eljuttatják a KERINFORG irodájába, ott a lyukszalagok adatait beolvassák a számítógépbe. A számítógép a vele előzetesen közölt program alapján összeállítja a Tejipari Vállalat másnapi szállításaihoz szükséges ún. járatdiszpozíciókat, amelyek azt tartalmazzák, hogy mit kell kiszállítania egy-egy gépkocsinak az útvonalán levő boltokba. Ezeket a járatdiszpozíciókat az iroda készen, nyomtatványok alakjában kapja meg. Ugyancsak összeállítja és kinyomtatja a gép az ún. raktári kiadólapokat is. Ezeket is megkapja az iroda. E bizonylatok alapján ellenőrizhetik, vajon a gépkocsikba pontosan azok az áruk kerülnek-e, amelyeket a megrendelések, illetve a diszpozíciók előírtak.

A gép programja bizonyos védelmet nyújt a lehetséges hibákkal szemben is: utasításokat tartalmaz arra vonatkozóan, hogy bizonyos adatokat „lehetetlen”-nek vagy „valószínűtlen”-nek minősítsen, és ha ilyennel ta-

lálkozik, arról jelentést gépeljen ki. Megtörténhet, hogy a számítógép olyan megrendelési tétellel találkozik, amelyet feltűnőnek, szokatlannak talál – mert nagyon is eltér az adott bolt korábbi megrendelési tételeitől. A számítógép ilyenkor köteles azzal a gyanúperrel élni, hogy hibás adatról lehet szó, és erről tájékoztatást is ad az ún. hibajegyzékben. Ilyenkor a Tejipari Vállalat irodájának adminisztrátora telefonon közvetlenül érintkezésbe léphet az érintett bolt vezetőjével.

A Tejipari Vállalat tapasztalatai szerint a gépi adminisztráció gyorsnak, pontosnak bizonyult. Megkönnyíti az eligazodást a forgalom adatai között. Emellett „naprakész" tájékoztatása támpontokat nyújt a távlati üzletpolitika kialakításához is. Nemcsak a vállalatot, hanem a felső szerveket – így a Fővárosi Tanács Élelmiszerkereskedelmi Irodáját – is „naprakész" kimutatásokkal lehet a gép révén ellátni.

Ugyancsak figyelemre méltó példát nyújt a megrendelésekkel kapcsolatos gépi adatfeldolgozásra a Csongrád-Bács Megyei Élelmiszer- és Vegyiáru Nagykereskedelmi Vállalat. Ez két megyét lát el élelmiszerrel, vegyi áruval és iparcikkel. A gépesítés időpontjában mintegy 5000–6000 cikk tartozott tevékenységi körébe, mintegy 4000 eladási egységet kellett velük ellátnia. A folyamatos ellátás érdekében havonta legkevesebb háromszor kellett kiszállításokat végeztetnie ezekbe az egységekbe. A vállalat központja Szegeden van, a központnak alárendelt nagykereskedelmi hálózat fiókokból és a fiókoknak alárendelt lerakatokból, valamint ún. súlyraktárakból áll. A tényleges áruforgalom e fiókokban bonyolódik le. Amikor az adminisztráció automatizálására rátértek, kezdetként a szegedi, a szentesi és a kecskeméti fiókot vonták ebbe be. A gépi adatfeldolgozásra vonatkozóan a Számítástechnikai és Ügyvitelszervező Vállalat Szegedi Adatfeldolgozó Központjával kötöttek szerződést. Erre az is ösztönzött, hogy az évről évre 8-10%-kal növekedő számlatételszámot már csak állandó túlórázással tudták hagyományos módon feldolgozni. Ez nemcsak emberek életét nehezítette meg, hanem a szállítások is akadozva folytak. Nem bizonyult kielégítőnek a Hollerith-rendszerű táblázógép alkalmazása sem, ezért határoztak úgy, hogy számítógéphez folyamodnak.

Az adatfeldolgozás alapadatait lyukkártyákra viszik. Minden egyes árucikkre vonatkozóan – élelmiszerre, vegyi árura egyaránt – ún. standard mennyiségeket állapítottak meg. Kimondották, hogy csak ilyen standard mennyiségeket, illetve ezek többszöröseit rendelhetik meg vagy szállíthatják ki. Ez lehetővé teszi a kártyák azonos kód szerinti lyukasztását

s azt, hogy maga a számítógép is azonos módon értelmezhesse a lyukasztásokat. Az alapadatok körének megállapításakor nagy gondossággal jártak el. Ezért előbb számba vették, hogy az egyes fiókok ötnaponként milyen mennyiséget adnak el élelmiszerekből és vegyi cikkekből, és az egyes kiskereskedelmi egységek milyen mennyiségekben rendelik meg ezeket az árucikkeket. Figyelemmel voltak arra is, hogy a megrendelések túlnyomó többségét lehetőleg egyetlen kártyára lehessen rályukasztani, ha lehetséges, a 99%-át.

Ezek alapján elindulhatott a munka. A fiókoknál kártyatermeket létesítettek. Minden cikknek külön két-két kártyarekesze van. Az egyik rekeszbe kerülnek az „élő" kártyák, ezek a mindenkori raktárkészletet mutatják; a másik rekeszbe a már földolgozott kártyák. Az „élő" kártyák rekeszébe csak akkor kerülhet át kártya a tartalékállományból, ha a raktárkészlet megengedi. Így tulajdonképpen elég rátekinteni az „élő" kártyák állományára, hogy tájékozódhassanak az adott cikk raktári állományáról. Ez egyébként elkerülhetővé teszi azt is, hogy olyan áruról állítsanak ki számlát, amelyet raktári készlet hiányában nem tudnak szállítani. A vevők megrendelései külön vevőkártyákra kerülnek, ezek alapján dolgozik a számítógép: kiállítja a szállításokhoz szükséges bizonylatokat, a számlákat, a jelentéseket a készletváltozásokról stb.

A vállalat a megrendelésekkel kapcsolatos adminisztráció gépesítésének a fő hasznát abban látja, hogy a korábbinál sokkal ütemezhetőbbé vált a készletezés meg a beszerzés, szervezettebbé a kiszállítás, az ügyviteli bizonylatokon kívül olyan információk is megjelentek, amelyek segítik az előrebecslést, az üzletpolitika alakítását.

A magyar külkereskedelemben olyan gépi adatfeldolgozást valósítanak meg, amelyet nemcsak bizonyos általános követelményekhez, hanem a különböző nagykereskedelmi vállalatok sajátos igényeihez is igazítottak. Itt szem előtt tartották a külkereskedelem adatföldolgozásának lehetséges integrációját egyfelől, a külkereskedelmi vállalatok sürgető igényeit másfelől. A számítógép a DATORG, a Külkereskedelmi Adatfeldolgozó és Szervező Rt. Vállalatnál működik, ezen a gépen oldják meg a külkereskedelemmel kapcsolatos számítástechnikai feladatokat.

A MEDIMPEX-nél a következő műveleteket, illetve tevékenységi köröket vonják be a gépi adatfeldolgozásba: az export-devizaszámlákat, a jutalékelszámolásokat, a fuvarbizonylatokat, a vám- és import-forgalmiadóra vonatkozó bizonylatokat, a bank-devizavételi és -eladási bizonylatokat és más bizonylatokat, amelyek az exportelszámolások alapjait

szolgáltatják. A vállalatnál lyukszalagra viszik a földolgozandó alapadatokat: ADDO ugrókocsis összeadó gépekhez kapcsolt szalaglyukasztó segítségével. A számítógép a következő kimutatásokat szolgáltatja: exportforgalmi kimutatás (havonként), exportvevők és -jutalékos tételek forgalmi kimutatása (negyedévenként), exportvevők és -jutalékos folyószámla kivonata (negyedévenként), exportvevők és -jutalékosok ki nem egyenlített (nyitott) folyószámla tételei (közölve azt is, hogy a nyitott tételek kiegyenlítése milyen időpontban válik esedékessé, vagy túllépték-e már az esedékességi határidőt), lejárt exportkintlevőségek, exportátlagáras kimutatások, fuvar-, illetve vám- (import-forgalmiadó) elszámolások, kalkulált és tényleges költségek összehasonlító kimutatása.

A HUNGAROTEX Vállalatnál akkor, amikor – még a szervezés munkálatai során – kialakították a számítógépes adatfeldolgozás körét, a következő bizonylatokat jelölték ki a gépi feldolgozásra: belföldi megbízók limitszámlái, export-devizaszámlák, ügynöki jutalék jóváírások, devizában felmerülő fuvarköltségek, egyéb, a megbízókkal elszámolandó devizaköltségek, a bank devizatételei és -eladási jegyei. A számítógéptől – a lyukszalagra küldendő adatok feldolgozása nyomán – a következő kimutatásokat kérték: kimutatás a ki nem szállított belföldi megbízói tételekről, kimutatás a határon átlépett tételekről, kimutatás a befolyt tételekről (elszámolás a megbízókkal), végleges elszámolás a megbízókkal, költségelszámolás.

A TERIMPEX-nél és a METALIMPEX-nél – ugyancsak a szervezés munkálatai során – a gépi feldolgozás céljaira a következő bizonylatokat jelölték ki: szállítmányozási és fuvarbizonylatok, pl. MÁV fuvarlevelek, MASPED, HUNGAROCAMION, AKÖV stb. számlák (amelyeknek összegeit belföldi megbízóikra kell ráterhelni). Ezeknek a bizonylatoknak az adatait a DATORG Vállalatnál kell kártyákba lyukasztani, ez a TERIMPEX-re vonatkozik, a METALIMPEX maga készíti el ADDO típusú gépei segítségével a lyukszalagokat, és ezeket küldi feldolgozásra a DATORG-hoz. A gépi feldolgozás eredményeképpen mind a TERIMPEX, mind a METALIMPEX a következő kimutatások stb. elkészítését kéri: fuvarszámla, fuvarszámla-összesítő, vagonkönyv (ez csak a METALIMPEX részére készül, ötnaponként és vagononként tartalmazza a MÁV fuvarköltségeket is), havi, illetve negyedévi összesítések az átterhelt fuvarköltségekről.

Helyfoglalási hálózat

Az „elektronikus iroda" sajátos feladatrendszeréhez tartozhat a „helyfoglalás". Ez esetben tulajdonképpen nagyon egyszerű műveletek automatizálásáról van szó, a programok, amelyek a munka ellátását biztosítják, viszonylag egyszerűek, ugyanakkor hosszúak, sok utasítást tartalmaznak, és a legfontosabb igény, amelyet ki kell elégíteni: az információ valós, vagyis azonos időben (real time) történő feldolgozása. A légiforgalmi társaságok helyfoglalásain ez követelmény. Itt az a legfontosabb feladat, hogy az a tisztviselő, akinél a helyfoglalási igényt bejelentik, késedelem nélkül tájékozódni tudjon az igény kielégítésének lehetőségéről, és választ is adjon az ügyfélnek. Ennélfogva az ilyen vállalkozások számára a táv-adatfeldolgozásnak pótolhatatlan a jelentősége. Ma már a nagy légiforgalmi társaságok általában létrehozták a helyfoglalás számítógépes rendszerét, amelyet folytonosan kiterjesztenek és tökéletesítenek.

A SWISSAIR pl. a Zürich melletti Klotenben, a társaság központi adminisztrációs épületében állította föl azt az IBM–360–65-ös számítógépet, amelyre rábízta a helyfoglalás automatikus információs szolgáltatását. Ez a gép az IBM által a légitársaságok számára kidolgozott PARS (*P*rogrammed *A*irlines *R*eservation *S*ystems, programozott repülő helyfoglalási rendszer) programrendszer alapján működik.

A helyfoglalási hálózatban a számítógépnek (a felállítás időpontjában, 1970-ben) több mint 15 000 SWISSAIR repülőút ülőhelykészletét kell nyilvántartania, vagyis azt, hogy ezeket az ülőhelyeket a mintegy 250 vonalon mikor veszik igénybe. Óránként – csúcsidőben – mintegy 65 000 helyfoglalási igényt kell elbírálni, és mintegy 15 000 tényleges helyfoglalást kell elintézni. Több mint 100 helyfoglaló iroda fogadja az ügyfeleket. Korábban – az automatizálás bevezetése előtt – 35 ellenőrző központba futottak be az igények, itt ellenőrizték, vajon teljesíthetők-e, innen adták meg a szükséges felvilágosításokat a helyfoglaló irodáknak. Az ellenőrzési helyeknek természetesen kapcsolatban kellett állniuk egymással. Ez nehezítette az adminisztrációt, fékezte a sebességet. Csak a decentralizáltság megszüntetése, a centralizáció bevezetése segíthetett.

Jelenleg a helyfoglaló irodák tisztviselői előtt displayk állanak, az igényeket az adatmegjelenítő billentyűzetén közlik. A kérdések megjelennek a képernyőn, ugyanakkor befutnak a számítóközpontba, amely feldolgozza őket. Mágneslemezeken tárolt nyilvántartásaiban megkeresi a

szükséges adatokat, és ezeket nyomban visszaküldi a kérdező displayre, amelyen megjelennek. A tisztviselő így azonnal válaszolhat az ügyfélnek. A kérdés és a válasz – a számítógép közbülső munkamenetét is számítva - mindössze néhány másodperc alatt célba ér.

Számítógép irányítja magának az adatfeldolgozó hálózatnak a forgalmát is. Ez megszünteti a fennakadásokat. A SWISSAIR-nek a SAS-sal közös telexhálózata van. Korábban az üzenetek irányítása közbülső átviteli központokon (relay centers) történt ezen a hálózaton. E központokban kézi kapcsoló berendezések is szolgálatot teljesítettek, ami téves kapcsolásokat, és ennek következtében késedelmeket, tévedéseket okozott.

Ugyancsak számítógépre vitték a „check-in"-t (a jegy és a poggyász ellenőrzését) is a SWISSAIR több repülőtéri kirendeltségén, pl. Zürichben, Genfben és másutt. Az ellenőrzés során a tisztviselőnek ellenőriznie kell: vajon érvényes-e a jegy, és vajon a repülőgépen ténylegesen rendelkezésre áll-e a jegynek megfelelő ülőhely; ellenőriznie kell továbbá, vajon az utas csomagja a megengedett súlyhatár alatt vagy felett van-e. Korábban az ellenőrző tisztviselők asztalai előtt elkerülhetetlen volt a sorállás. Most ez megszűnt. A számítógép magára vállalta ezt a feladatot, s e „check-in" adatokon kívül ugyancsak a számítógép közli a repülőgép megterheltségére vonatkozó többi (a légiposta, a teheráru, az átszálló utasok, az üzemanyag stb.) adatokat is a legközelebbi leszállóhellyel. Ez az ún. „speedload" (gyorsterhelés) programrendszer útján történik.

A SWISSAIR helyfoglaló és „chenk-in" stb. tevékenységet ellenőrző számítógépes rendszere a maga teljes kiépítettségében több száz megjelenítőt foglal magában. Hasonló módon épülnek ki más légiforgalmi társaságok rendszerei is. A rendszer elvileg alkalmazható vasúti helyfoglalásokra, illetve az utazási irodákra is.

Külön is érdemes említést tenni a számítógépnek arról a munkájáról, amelyet egy ilyen helyfoglaló hálózat üzenetforgalmának a vezérlésében fejt ki. A gép végigtapogatja az összes telex-vonalakat. A „scanner" (a tapogató) másodpercenként mintegy 100-szor figyel meg minden vonalat. Mindannyiszor megállapítja: vajon a vezetéken van-e impulzus vagy sem. Ha impulzust talál: azonnal ráirányítja arra a közvetlen vezetékre, amely magába a számítógépbe vezet. A számítógép ezt az impulzust elraktározza a memóriájában, számon tartva, hogy melyik telexvonalról érkezett, azaz a hálózat melyik telexgépe adta fel. Amikor ugyanerről a vonalról beérkezik a következő impulzus, a számítógép szépen az előző mellé rakja. Így állítja össze a telexgép egész üzenetét, impulzusról im-

pulzusra haladva. Így állítja össze az összes többi üzeneteket is. Eközben állandóan számon kell tartania, melyik impulzus honnan érkezik, és hol van a memóriában a helye. Ez a munka valami olyasmihez hasonló, mintha több száz festményt vagy fényképet mikroszkopikus kicsinységű darabokra tördelnénk szét, azután összekevernénk a dirib-darabokat egy edényben, centrifugával jól megforgatva az edényt, és azután kísérelnénk meg a törmelékekből külön-külön helyreállítani az összes festményeket, fényképeket. Az emberi figyelem ilyen helyzetben természetesen csődöt mondana, de nem a számítógépé. Az ember számára az ilyen eljárás az elképzelhető leglassúbbnak bizonyulna, a számítógép számára az elképzelhető legsebesebb eljárás éppen ez az „összerakósdi": ő így a másodperc minden töredékét ki tudja használni. Ha a számítógépnek egyszerre nem egy, hanem két vagy több impulzust kellene valamelyik telexvonalról magához szólítania, akkor megengedhetetlenül hosszú ideig kellene várakoznia a második, majd a többi impulzus beérkezésére, s ezalatt tétlenségre kényszerülne. Ugyanilyen módszerrel lövi ki a telexvonalakra a válaszüzeneteket is a számítógép. A telex-táviratokat a számítógépes hálózatban egyidejűleg mágnes-szalagra is veszik. A táviratok tehát egyszerre száguldanak a telexvonalakon és a mágnesszalagon. Ez óvatosságból történik. Ha bármi hiba lép fel a hálózatban: a mágnesszalagról bármikor helyreállíthatók az eredeti üzenetek. Emellett megtörténhet, hogy a hálózat csúcsidőben túlterhelődik, és egyszerűen nem képes valamely táviratot felvenni. Ilyenkor a visszatartott táviratot „túlcsordulási szalag"-ra írják rá (ez is mágnesszalag), és mihelyt jut hely a számára, innen szólítja be a hálózatba az automata.

Előkészítés, rendszerszervezés

Az „elektronikus iroda", a számítógépes adminisztráció megvalósítása gondos előkészületeket igényel. Ilyen előkészítő tevékenység nélkül a számítógép nem állítható hasznos módon szolgálatba. Ez az előkészítő tevékenység időigényes, és semmi módon sem sikkasztható el. Mindenekelőtt világosan át kell tekinteni azt, mi is folyik az irodában? Rendszerint kiderül, hogy az irodában senki nem tud pontos képet adni arról, mi is zajlik le a különböző munkafolyamatok során. Noha a kézierővel folyó – vagy segédgépek igénybevételével történő – adminisztráció esetén mindenki abban a hiszemben élt, hogy tökéletesen pontosan tudja, mi tör-

ténik körülötte, és mi az irodán a saját dolga: ilyen előkészítő munkában kiderül, hogy olyan rések, szakadékok tátonganak a különböző munkamenetek között, amelyeket az emberi figyelem természetes módon áthidalt, anélkül, hogy tudomást vett volna a létezésükről. Ez esetben szigorú pontossággal fel kell térképezni minden munkaműveletet. Így nemcsak a rések tűnnek elő, hanem a párhuzamosságok, az átfedések, a logikai hanyagságok stb. is. Ki kell alakítani a munkaműveletek olyan új szigorú rendjét, amely megfelel a számítógépnek és a számítógépes adatfeldolgozás saját belső logikájának. „Rendszert kell szervezni."

Ez rendszertervező szakemberek dolga. A rendszertervezők kiszállnak a helyszínre, közvetlen tapasztalatokat szereznek a munkarendről, tanácskoznak az iroda saját szakembereivel. Magyarországon ma már iparáganként és számítóközpontonként külön rendszertervező irodák, osztályok működnek, amelyek egy-egy iroda (vállalat) kívánságára elvégzik a szükséges elemző munkálatokat, és megadják a szükséges tanácsokat arra, vajon egyáltalában érdemes-e számítógépet igénybe venni, s ha úgy találják, hogy az adminisztráció számítógépesítésének helye van, akkor – megrendelésre – meg is szervezik a rendszert, közlik, hogy a vállalatnak, az irodának milyen adatokat kell szolgáltatnia, milyen szabványbizonylatok kitöltésével, ezeket milyen módon kell a számítógép számára hozzáférhetővé tennie (pl. lyukkártyákra, lyukszalagokra kell-e vinni stb.). A belkereskedelemben a KERINFORG vállalat ad segítséget a szervezéshez a hozzáforduló vállalatoknak. Szakemberei a helyszínen megállapítják, vajon van-e szükség egyáltalában gépesítésre, és ha igen, akkor milyen fokban: középgépes vagy számítógépes feldolgozás a gazdaságosabb. A középgépes feldolgozás nagyjából még a Hollerith-rendszerű lyukkártyás adatfeldolgozó gépek szintjén áll. A számítógépes feldolgozás esetén kidolgozzák a rendszertervet, megállapítják: milyen bemenő adatokra van szüksége a számítógépnek, és milyen kimenő adatokat lehet kérni tőle, milyen formában.

Bizonyos nemzetközi adatok állnak már rendelkezésre a tekintetben, hogy az ilyen előkészítő munkálatok mennyi ideig tartanak, és milyen költségekkel járnak. Ezek a nemzetközi tapasztalatok természetesen tág határok között mozognak. Van olyan becslés, amely szerint a rendszer működéséhez szükséges számítógépprogram minden utasítása egy órányi munkaidő árán születik meg. Ebben az egy munkaórában nemcsak a programozó tevékenysége van benne, hanem az is, ami megelőzi az ő tevékenységét, és az is, ami követi. Ebben ott találjuk a rendszertervező

munkáját, a programozás tervezőjének (ugyanígy a folyamatábra, a döntési tábla készítőjének) és a program ellenőrzőinek munkaidejét is. Így pl. egy 5000 utasításból álló program elkészítése – mindent összevéve – 5000 munkaórába kerül. A munkaóra „ára"-ként olyan átlagos munkabért kell számítani, amely a gépírónő viszonylag alacsonyabb és a rendszertervező szakember viszonylag drága munkabére között áll. Ámde az így kapott költség még nem tartalmazza a program számítógépen történő kipróbálásának és ellenőrzésének költségeit. Emellett: egy iroda „elektronizálása" nem egy, hanem több programot igényel. Így tehát több ezer munkaóra, több hónap tevékenysége szükséges az előkészítéshez. Enélkül nem remélhető valóságos segítség a számítógéptől.

Amikor az előkészítés munkája már megtörtént, a „rendszer"-t már megszervezték, akkor minden információnak „kényszerpályán" kell haladnia keletkezésétől kezdve egészen addig, amíg a számítógépbe nem jut. Az adatokat olyan űrlapokra írják rá, amelyeket egyértelműen és könnyen lehet írógéppel kitölteni. Így történik az mind az ún. törzsadatok, mind pedig az ún. napi adatok esetében. Ezeket a bizonylatokat vagy optikai olvasóberendezéseknek szánják, vagy pedig úgy szerkesztik meg, hogy róluk „gépies módon" azaz minden fejtörés nélkül lehessen az adatokat billentyűzéssel lyukkártyára, lyukszalagra stb. vinni. Ugyanilyen egyértelmű formában – nyomtatott bizonylatokon – küldi vissza a számítógép is a maga kimenő adatait. S amikor a rendszer már áll, működik: akkor kerül sor az igazi próbájára (Systemtest), minthogy a puding minősége is csak evés közben derül ki.

A nyugati országokban gyakorta olvasni panaszokat arról, hogy nem állnak rendelkezésre olyan szervezőirodák, amelyek maguktól a számítógépgyártó és -forgalmazó vállalatoktól függetlenek lennének. Magyarországon – és általában a szocialista gazdaság viszonyai között – a helyzet kedvező. A szervezőirodák minden „elfogultság" nélkül közölhetik azokat az előnyöket és hátrányokat, amelyekkel a számítógépesítés együtt jár. Rendelkezésre bocsáthatják az e tekintetben felhalmozódó általános jellegű tapasztalataikat is. Ezek szerint a számítógépesítés – ott, ahol indokolt – előnyös. A számítógépesítés általában nem jelent létszámcsökkentési lehetőséget, igazi előnye abban mutatkozik meg, hogy az ügyvitel egész munkája pontosabbá, kulturáltabbá válik, hogy minden időben zajlik le benne, és az ügyvitel adataira olyan üzletpolitikai előrebecsléseket építhetnek rá, amelyek a fogyasztás és az értékesítés mindenkori helyzetéhez történő rugalmas, gyors alkalmazkodást teszik lehetővé.

8 | OPERÁCIÓKUTATÁS

Optimalizálás

A számítógép segítségével elvégeztethetünk olyan gazdasági számításokat, amelyek révén az egész (ipari, kereskedelmi) vállalat működését hatékonyabbá lehet tenni. Az ilyen számítások eredményei nemcsak az irodai ügyvitelt, hanem a termelést, a szállítást és általában a vállalat egész tevékenységét kedvezően befolyásolhatják. Azoknak a gazdasági számításoknak a körét, amelyek idetartoznak, szokás operációkutatásnak (operations research), néha műveletkutatásnak nevezni. Az operációkutatás fogalmának a köre széles, eljárásai vonatkoztathatók társadalmi, stratégiai vagy más jellegű folyamatokra is. E fogalomnak jelenleg nincsenek szigorú határai, körvonalai elmosódottak. Az operációkutatás eljárásait egyébként természetesen a számítógéptől függetlenül, számítógép nélkül is alkalmazhatják, ámde a legtöbbször olyan nagy tömegű számítási és logikai műveletek elvégzését követelik meg, hogy csak számítógép segítségével lehet remélni a kellő időben történő megoldásukat. Az operációkutatási eljárások középpontjában rendszerint valamilyen „optimum" keresése, valamilyen optimális érték kiszámítása áll. Egy vállalat esetében ilyen optimum lehet pl. az elérhető nyereség maximuma, a gépek maximális leterhelése, az emberek folyamatos munkával történő ellátása, a veszteségidő minimumra csökkentése, általában a lehetséges veszteségeknek a lehető legkisebbre csökkentése stb.

Termelőüzemekben sokszor előforduló kérdés: milyen nyersanyagokat szerezzenek be a késztermékek előállításához. Minden egyes alkotóelem különböző költség- és technológiai következményekkel jár együtt. Az egyiknek esetleg nagyobb a beszerzési ára, de alacsonyabb a feldolgozási költsége, a másiknak talán alacsonyabb az ára, de magasabb a feldolgozási költsége stb. Az egyiknek a feldolgozása kevesebb villamos energia felhasználását kívánja meg, viszont a munkabérköltségei nagyok, nagyobbak, mint a másiké, amelyik esetleg energiaigényesebb stb. Így csak bonyolult számítások eredményeképpen állapíthatjuk meg, milyen nyersanyagokat kell beszereznünk, hogy bizonyos optimumot elérjünk.

Ilyen optimum lehet pl. az előállítható késztermék maximuma – de a vállalati nyereség maximuma is (a kettő nem szükségképpen esik egybe), – ilyen optimum lehet a gépkapacitás, vagy a rendelkezésre álló munkaerő teljes kihasználása stb. is. Az optimum kiszámítása több számítást igényel akkor, ha bizonyos korlátozó feltételeket is figyelembe kell venni. Ilyen korlátozó feltétel lehet mondjuk a rendelkezésre álló villamos energia esetleges felső határa, a vízfogyasztás korlátozása, vagy éppen az a körülmény, hogy bizonyos nyersanyagokat nem vagy csak korlátozott mértékben lehet beszerezni stb. Amennyiben a vállalat több nyersanyag között válogathat, és a cél az, hogy a nyersanyagokból a maximális termékkihozatalt biztosítsa, akkor, ha ilyen korlátozó feltételek nincsenek, egyszerűen azt a nyersanyagot kellene választania, amely már egyedül is a legtöbb késztermék előállítását teszi lehetővé. Ebben az esetben semmiféle számításra sem lenne szükség. Ha korlátozó feltételek jelennek meg, akkor már egyáltalában nem ilyen egyszerű a választás, kellően nagy volumenű termelési érték esetén pl. matematikusra, programra, számítógépre kell bízni a választás előkészítését.

Hasonló módon gondot okoz néha a technológiai eljárások azon sorának a megszabása is, amelynek betartása biztosíthatja, hogy bizonyos optimumot el is érnek.

Ugyanaz a késztermék más-más technológiai eljárások során áthaladva is előállítható. Ekkor mindegyik technológiai állomáshoz más-más nyersanyagszükséglet, munkaidő-szükséglet és egyéb költségszükséglet stb. tartozik. Ilyen esetekben többféle optimum kereshető. A legtöbbször azt kutatják: milyen technológiai eljárások kombinációival lehet ugyanolyan minőségű, azonos termékmennyiséget minimális költséggel előállítani. Ehhez olyan számítások, programok állnak rendelkezésre, amelyek bizonyos egységekben fejezik ki az egyes technológiai eljárásokhoz tartozó nyersanyagszükségletet (pl. a gyártott termék 1 kg-jához szükséges nyersanyaggal), a munkaidő-szükségletet (pl. a gyártott termék 1 kg-jára jutó munkaórák számával) stb. Ilyen esetekben is nagyon sok korlátozó feltétel lehetséges: nem számolhatunk pl. korlátlan csiszolókapacitással vagy korlátlan esztergálókapacitással, ha csak korlátozott számban állnak rendelkezésre az e műveletekhez szükséges gépek vagy munkások. Nem számolhatunk korlátlanul az acélöntés műveletével, ha egyszer csak korlátozott számú acélöntő gárdánk van stb. stb. Végül is e korlátozó feltételeket figyelembe véve kell megtalálnunk a keresett optimumot.

Külön kereshetünk olyan optimumot is, amely a dolgozók létszámával, e létszám legjobb elosztásával függ össze. Ebben az esetben olyan programot készítenek, amely a dolgozókat munkakategóriákba sorolja. Egy-egy munkakategóriába azonos szakmai jellegű tevékenységeket vonnak be, vagyis olyan tevékenységeket, amelyeket bizonyos szakképzettséggel rendelkező dolgozók el tudnak látni. A munkakategória tehát nem szükségképpen fedi teljesen a szakképzettség kategóriáját, tágabb annál: a munkakategória megkívánta tevékenységek – a szakképzettség alapján - bizonyos tűrési határok között elláthatók. Az optimum keresése során felmérik, hogy munkakategóriánként milyen munkakapacitás áll rendelkezésre – (pl. munkaórákban) –, és hogy egységnyi termék előállítása mekkora munkakapacitást köt le. Ezek alapján kereshetik pl. a ráfordítandó munkaidőnek azt a minimumát, amellyel valamely adott termelési feladat megoldható, a termékmennyiségnek azt a maximumát, amelyet az adott létszámú és képzettségű munkásgárdával el lehet érni stb.

Lineáris programozás

Az operációkutatás módszerei között előkelő helyet foglal el az ún. lineáris programozás. Ez egy matematikai modell, illetve eljárás. Olyankor lehet alkalmazni, amikor a szóban forgó mennyiségek között egyenes, azaz lineáris összefüggés, arányosság áll fenn. A termelővállalatoknál pl. jó közelítéssel általában ilyen összefüggést találunk a késztermék mennyisége és az előállításához szükséges erőforrások (gép, munkaerő, termelőterület, nyersanyag, pénzösszeg stb.) között. Minél több a termék mennyisége, annál több erőforrásra van szükség a megtermeléséhez. A lineáris programozás során általában egyenlőtlenségekkel, egyenlőtlenségrendszerekkel fejezik ki az összefüggéseket (feltételi egyenlőtlenségek), ezek tartalmazzák azokat a feltételeket, amelyek behatárolják, korlátozzák a lehetőségeket, amelyeket nem szabad áthágni. (Ilyen korlátozó feltétel lehet pl. a gyár adott gépkapacitása vagy a beszerezhető nyersanyagok mennyisége stb.) Az az optimum, amelyet a lineáris programozási modellek szolgáltatnak, gondos, kritikus felülvizsgálatra szorul. Ezt úgy kell érteni, hogy az eredményt ki kell emelni a körülményeknek abból a szűk köréből, amelyben keletkezett, és magasabb összefüggésekbe kell helyezni. Például lineáris programozás útján kiszámítjuk azt az optimális eredményt, amelyet a gyár gépkapacitásának a teljes leterhelése nyújt-

hat, ámde ezt az eredményt beállíthatjuk olyan magasabb összefüggésekbe, amelyeket a lineáris programozás maga nem vett figyelembe: kiszámíthatjuk azt is, hogy mit nyernénk azzal, ha magát a gépkapacitást növelnénk meg, vagy ha új technológiát vezetnénk be. Ezért a lineáris programozás útján kapott optimumadatok nemcsak önmagukban értékesek, hanem úgy is azok, mint magasabb szintű elemzések kiinduló adatai.

A lineáris programozási feladatok egyik fontos modellje az ún. „diéta"-probléma. Ez a probléma igen tág határok között foglalhat magában feladatokat. Mindenekelőtt vonatkozhat valóságos diétára is. Valamely állami gazdaság vagy termelőszövetkezet hústermelési programjának teljesítéséhez pl. esetleg többféle takarmánykeverék is felhasználható. Mindegyik takarmánykeverék más-más anyagokból áll, és így más-más táplálóanyagokat tartalmaz, az eltérő táplálóanyag-arányok más-más húshozamot eredményeznek, sőt minőségileg is más lesz a hús. Az egyik takarmánykeverékben több a fehérje és kevesebb a szénhidrát, a másikban talán több a szénhidrát és kevesebb a fehérje stb. Az egyik takarmánykeverék olcsóbb, a másik drágább. Az egyik takarmánykeverék gyorsabban, a másik lassabban hizlal stb. stb. Ilyen esetekben kereshetünk olyan optimumot, amely valamely adott húshozam legolcsóbb előállítását teszi lehetővé, de olyat is, amely a maximális hízást vagy a legrövidebb idő alatt történő súlygyarapodást vonja maga után.

Diétajellegű problémával találkozik a mezőgazdasági üzem akkor is, ha azt kell meghatároznia, miképpen ossza fel a területét a különböző művelési ágak között. Ha a föld egy részében kukoricát, másik részében burgonyát, harmadik részében búzát termeszt, akkor mindenütt más-más munkaerő-kapacitást és egyéb költséget köt le, és minden területén más-más jövedelmet remélhet. Itt tehát figyelembe kell venni egyfelől a költségeket és a munkaidő-felhasználást, másfelől a remélhető jövedelmet, és ezek alapján kell más bizonyos optimumot keresni. Ez esetben is figyelembe kell venni a korlátozó feltételeket. Ha pl. a keresett optimum: a jövedelem maximuma, akkor – első pillantásra úgy tűnik – a legegyszerűbb megoldás az, ha az egész területet annak a kultúrának szánjuk, amelynek a termesztése a legkisebb költséggel jár, és a legnagyobb nyereséggel kecsegtet. Azonban lehetséges, hogy maga a termőföld csak részben alkalmas ennek a növénynek a termesztésére, lehetséges továbbá, hogy nincs annyi pénz, vagy nem áll rendelkezésre annyi munkaidő,

amennyit ez a növény igényelne termesztéséhez. Ebben az esetben, e korlátozó feltételeket szem előtt tartva, kell az optimumot megtalálni.

Diétajellegű probléma annak eldöntése, milyen termékeket, milyen arányban gyártson valamely üzem. A probléma matematikai kezelése céljából közös nevezőre kell hozni a különböző termelőrészlegek (műhelyek stb.) kapacitásainak a kifejezését. Az egyik műhelyben esetleg esztergálással foglalkoznak, a másikban azonban csomagolással, a harmadikban pedig a karbantartók tevékenykednek stb. A különféle munkákat azonos termelőkapacitás-egységekbe kell átszámítani, hogy számolhassunk velük. Ebben az esetben különböző optimumok keresésére nyílik mód. Első pillantásra talán most is úgy tűnik, hogy abban az esetben, ha az elérhető nyereség maximumát választjuk optimumnak, a legegyszerűbb dolog azt az egyetlen termékfajtát kiválasztani, és azt termelni, amelynek előállítása a legkisebb költséggel jár, és a legtöbb nyereséget ígéri. Azonban az üzemi termelés sem mentes korlátozó feltételektől. Teljesen lehetséges, hogy éppen a „legígéretesebb" termék előállítása csak bizonyos határok között valósítható meg, mert nem szerezhető be hozzá minden szükséges nyersanyag, mert nem áll rendelkezésre hozzá elég szakképzett munkaerő, elégséges gépkapacitás stb. E korlátozó feltételek közepette már korántsem biztos, hogy éppen a „legígéretesebb" termék viszi majd el a pálmát. Egyébként az, hogy „ki, kit győz le" a termékek versenyében, természetesen attól is függ, hogy miféle optimumot keresünk. Egész más eredményt kapunk, ha az optimum a legkisebb munkaidő-felhasználás, vagy éppen a legkevesebb devizaigényes importanyag stb.

Ide tartozik valamely műhely gépei optimális leterhelésének, gépkapacitása optimális kihasználásának a kérdése is. Ilyen esetekben azt kutatjuk, hogy a termelés valamely adott szakaszában – periódusában – milyen munkákat kell ráterhelni az egyes gépekre. Ez többféleképpen lehetséges, és a döntést aszerint kell meghoznunk, hogy milyen optimumot kívánunk elérni. Lehetséges, hogy magát a gépkapacitást akarjuk a lehető legjobban kiaknázni, de az is lehet, hogy a munkaidővel akarunk maximálisan takarékoskodni, vagy az egész önköltséget akarjuk minimálisra zsugorítani. Az világos, hogy a feladat megoldásának kereteit meghatározza az a körülmény, hogy egyáltalában mit várunk el a műhelytől az egész gyár tevékenységének a keretében. A leggyakoribb optimum a következőképpen fogalmazható meg: melyik gépen milyen terméket termeljünk (milyen műveleteket végezzünk), hogy minimális idő felhaszná-

lásával maximális termékmennyiséget állítsunk elő. A leggyakoribb korlátozó feltételek: a gépek teljesítménye adott, az alkalmazható technológiai eljárások adottak.

A számításkor rendszerint túl kell néznünk a műhelyek falain, és látni kell az egész gyárat is. Nem szabad egy műhelyben túlságosan kisszámú késztermékeket (kevés terméket) előállítani, mert akkor bizonyos állandó terhek (előkészítő munkálatok, beállítás stb.) viszonylagosan megdrágítják a termelést; nem szabad túlságosan sok késztermékeket sem kibocsátani, mert akkor a lekötött pénzösszegek és a raktározás költségei drágítják meg aránytalanul a termelést. Túlságosan nagy raktárkészlet esetén fellép az elavulás kockázata is. Végül is olyan optimumot kell találni, amely mindezzel számol, és minden egyes periódusra (munkahónapra, munkahétre, esetleg munkanapra) meghatározza a darabszámot (a termékmennyiséget).

Más eljárások optimális tervezése

A lineáris programozási modell sok problémában csak eléggé durván közelíti meg a valóságos feladatot. A „célfüggvény", amelyet optimalizálunk, azaz amelynek a maximumát vagy a minimumát keressük, lineáris programozás esetén sok esetben helytelenül, nem pontosan írja le azt a kritériumot, ami szerint optimalizálni akarunk. A valóságban az összefüggések nagyon ritkán igazán lineárisak. Egy vállalat eredményessége pl. általában lineárisan függ az egységnyi termékre jutó költségektől, ámde az egységnyi termékre jutó költségek maguk általában változók, függnek a termékegységek számától. Ugyanígy nem lineárisan függenek a végtermékek a kiindulási termékektől stb. Ha azonos termékből kevesebbet állítunk elő, akkor bizonyos költségek ugyan állandók maradnak, de más költségek nem csökkennek a termeléssel arányosan, és így kevesebb termék előállításához viszonylag több anyagot, energiát, munkaidőt stb. kell felhasználni, mintha ugyanebből a termékből többet állítottunk volna elő (ebben áll a sorozatgyártás, a sorozatnagyság előnye). Ilyen esetben nemlineáris optimalizálási problémával állunk szemben. A gyakorlatban az ilyen problémát lineáris modellel közelítik (linearizálják), és lineáris programozással oldják meg, azaz lineáris függvénnyel fejezik ki a „célt" (célfüggvény) és lineáris egyenlőtlenségekkel a feltételeket. Ennek az az oka, hogy a lineáris programozási feladatok megoldá-

sának jól bevált útjai ismeretesek (sok szakértő szerint a lineáris programozás lényegében lezárt kutatási terület). Sok ezer változót és sok ezer korlátozó feltételt tartalmazó feladatok megoldását is különösebb nehézség nélkül tudjuk ma már a számítógép számára programozni.

Kutatják a nemlineáris optimalizálás módszereit is. Azok az eljárások, amelyeket erre találnak, lényegesen „költségesebbek", mint a lineáris programozás eljárásai; sokkal több gépidőt kötnek le.

Külön eljárásokat fejlesztettek ki az ún. „egész értékű programozás"-ra (integer programozás) is. Sok esetben ugyanis olyan termékekről van szó, amelyeket darabszámra mérnek, s amelyeknek darabjai a gyakorlatban oszthatatlanok. Ilyenkor a lineáris és nemlineáris optimalizálás szokásos módszerei általában csődöt mondanak, noha a gyakorlat kényszerítő hatása alatt itt is szokásban van, hogy a problémát a szokványos lineáris programozási feladatokra visszavezetik. Az egész értékű programozás sajátos, „testre szabott" eljárásai fejlődőben vannak. Ebbe a kérdéscsoportba tartoznak az olyan problémák is, amelyekben a számítások végeredményeképpen csak „igen" vagy „nem" döntéseket kaphatunk (pl. annak vizsgálatakor, hogy valamely tervet érdemes-e végrehajtani vagy sem).

Úgynevezett sztochasztikus optimalizálási problémákkal állunk szemben akkor, ha adataink véletlenszerűek. Sok esetben ez a helyzet. Különösen gyakori ez olyankor, amikor pl. a piac körülményeit kell figyelembe venni: a fogyasztók vagy a versenytársak magatartását. De így van ez akkor is, ha a piactól eltekintünk, és egyszerűen csak a gyárba beérkező nyersanyagok minőségének a hullámzására, a lehetséges műszaki hibákra stb.-re gondolunk. Ebben az esetben a valószínűségekhez kell folyamodnunk. Az ilyen sztochasztikus optimalizálási problémáknak ma még nincsen jól kidolgozott alapvető megoldási útja, noha esetenként, illetve speciális területenként találnak megoldási lehetőségeket. Az emberi munka és a gépidő – amelyet az ilyen problémák megoldására lekötnek –, még felettébb sok.

Irányítás

Ugyancsak az operációkutatás körébe tartoznak bizonyos irányítási (vezérlési, szabályozási) elméletek. Ezek technikai vagy gazdasági folyamatok optimális irányításának a kérdéseivel foglalkoznak. Itt az irányítandó

technikai vagy gazdasági rendszer egymást követő állapotait ún. állapotvektorokkal írják le. – Az állapotvektor – e vonatkozásban elégséges ennyit megjegyeznünk róla – azokat az értékeket tartalmazza, amelyek az adott állapotra jellemzők, amelyek az adott állapotot mintegy meghatározzák. Ugyanígy vektorral írják le az irányító hatást is. Ilyenkor általában olyan irányító hatást keresnek, amelynek érvényesülése esetén egy bizonyos „célfüggvény" értéke optimális lesz, azaz vagy maximumra emelkedik, vagy minimumra süllyed.

Diszkrét irányítási problémáról beszélünk abban az esetben, ha a folyamatot olyan időszakokra, periódusokra lehet felbontani, amelyben az irányítandó rendszer állapota állandó marad (állandónak tekinthető), vagyis az állapotát leíró mennyiségek nem változnak. Ilyenkor az állapotot leíró vektor értékei egy perióduson belül változatlanok maradnak, és csak periódusról periódusra változnak. Folytonos irányítási problémával akkor állunk szemben, amikor mind az állapot-, mind pedig az irányító vektor értékei időben változhatnak. Diszkrét irányítási problémát kell megoldanunk pl. egy olyan gépi berendezés vezérlésekor, amelynek állapota csak meghatározott időközökben változhat meg. Folytonos irányítási problémáról van szó mondjuk egy pilóta nélküli repülőgép hajtóművének távvezérlése esetén; itt a hajtómű állapota – ideértve pl. az üzemanyag-fogyasztást – pillanatról pillanatra változik. Ez utóbbi folytonos irányítási probléma esetén kereshetjük pl. az üzemanyag-fogyasztás minimumát valamely meghatározott útvonalon, meghatározott korlátozó feltételek között. Hasonló folyamatos irányítási problémák gyakran lépnek fel vegyi üzemekben. Ámde ha a vegyi anyagoknak pl. különböző reaktorokon kell átfutniuk, és egy-egy ilyen átfutást diszkrét időszaknak, periódusnak tekintünk: akkor ugyanezt a problémát diszkrét irányítási problémaként is kezelhetjük. Ugyanígy valamely vállalat fejlesztési politikájához kiindulási adatokat szolgáltathatunk mind olyan számításokkal, amelyek diszkrét irányítási probléma eljárásain alapulnak, mind pedig olyan számításokkal, amelyek a folytonos irányítási probléma eljárásaira épülnek: az egyik esetben periódusokra, mondjuk évekre vagy hónapokra bontjuk az időt, a másik esetben az egész vizsgált időtartamot egységnek tekintjük, amelyben folyamatosan következnek be változások. Sok esetben a diszkrét és a folyamatos szabályozások matematikai technikáját együttesen kell alkalmazni.

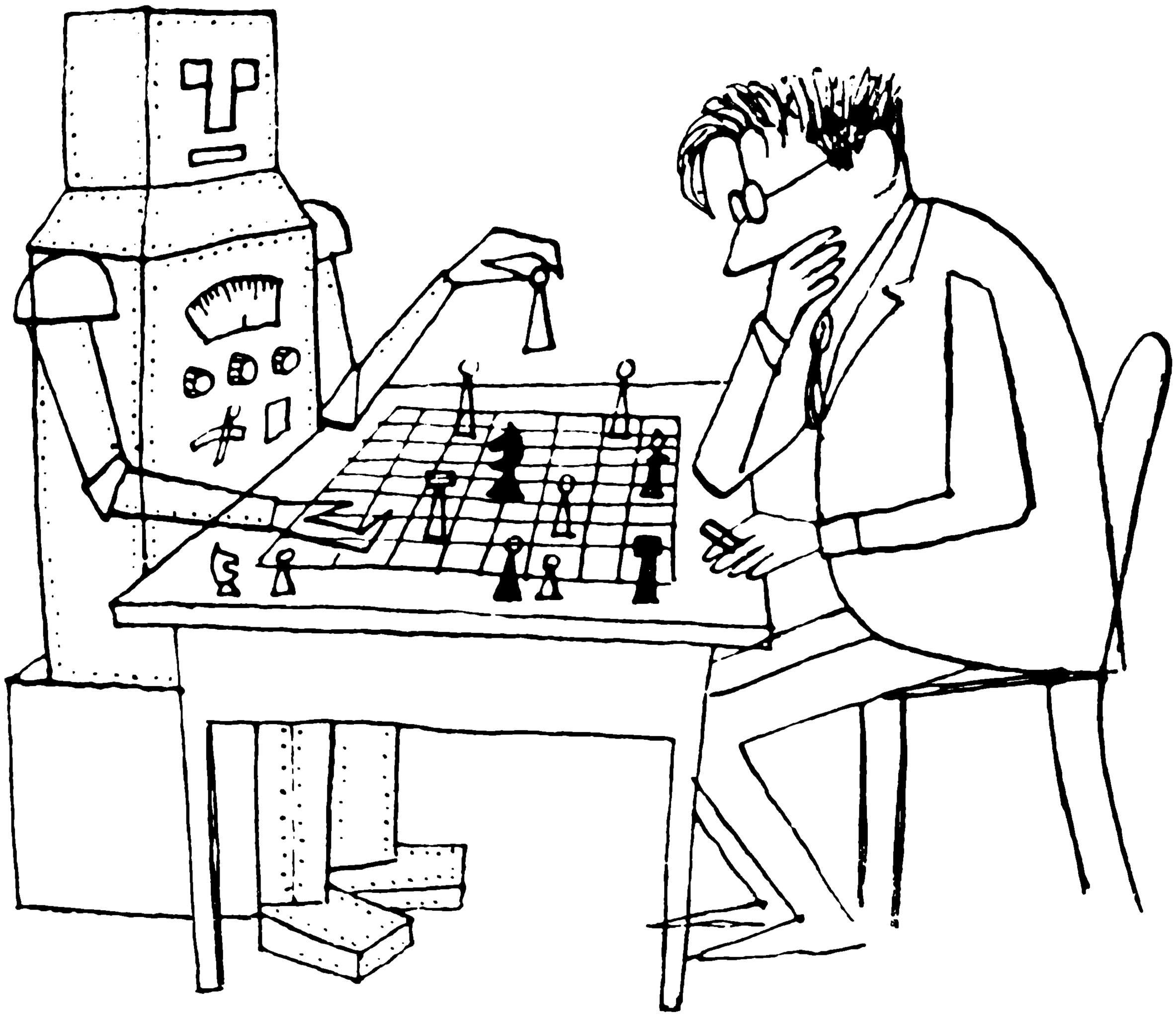
Beszélnek sztochasztikus irányítási problémákról is. Velük akkor találkozunk, ha az irányító vektor és a rendszer tőle függő állapotai között

nem áll fenn egyértelmű, determinált összefüggés vagy – ami a matematikai szférában ugyanezt jelenti – ilyen egyértelmű összefüggést a dolgok tökéletlen ismerete miatt nem tudunk megfigyelni, leírni. Ilyenkor az összefüggést csak valószínűségekkel, sztochasztikusan tudjuk ábrázolni és kezelni.

Játékelmélet

Ugyancsak a műveletkutatás gyakorta alkalmazott eszköztárához kell sorolni a játékelmélet eljárásait is. Ennek az elméletnek a kidolgozása a magyar származású nagy matematikus, *Neumann János* és *O. Morgenstern* nevéhez fűződik („The Theory of Games and Economic Behavior", „A játékelmélet és a gazdasági magatartás"). A játékelmélet olyan „játék"-okkal foglalkozik, amelyek harccal, küzdelemmel, konfliktushelyzetekben tanúsított magatartással függenek össze. Ilyen játékok peregnek le a gyerekszobában vagy a játszótéren, de a felnőttek társadalmában is, ideértve magát a háborút vagy a gazdaságban folyó harcokat is, ideértve továbbá az embernek a természet ellen folytatott állandó küzdelmét az anyagi javak megszerzéséért, vagyis a termelést is. A játékelmélet szerint két rendszer abban az esetben „játszik" egymással szemben, ha az egyik működése csak a másik rovására lehet eredményes. Az alapfeltevés az, hogy a játszó partnerek igyekeznek egymásnak minél több kárt okozni, hogy ezen az áron minél nagyobb nyereséget érjenek el. Ám eközben bizonyos „játékszabályokat" kell betartaniuk. A játékszabályok épp úgy lehetnek a partnerek által kötelezően vállalt feltételek, mint a valóság lehetőségei által rájuk kényszerítettek. Ez utóbbi eset áll fenn pl. háború esetén vagy akkor, ha az ember mint termelőerő közvetlenül a természettel kerül szembe. De amennyiben pl. egy gyár a gazdaság körülményeit kihasználva igyekszik „boldogulni", annyiban a gazdaság valóságos körülményeit is ilyen „játékszabályok"-nak kell elfogadni. A játékban nem szabad, nem lehet megsérteni a játékszabályokat, a partnerek azonban arra törekednek, hogy kihasználják ezeket a játékszabályokat.

A partnerek bizonyos stratégia alapján játszanak. Egy stratégia alapja lehet mondjuk egy olyan táblázat, amelyben a játékos minden lehetséges lépését feltünteti, és azt is feltünteti, hogy az ellenfél milyen módon válaszolhat egy-egy lépésére. A táblázat tartalmazza a játékos saját lépéseinek a következményeit is: ha az ellenfél ilyen vagy olyan lépéssel válaszol,



akkor ekkora lesz a nyeresége, illetve a vesztesége. Ha a játékos óvatos stratéga, akkor azt tételezi fel, hogy az ellenfél okos stratéga, és az ő saját lépéseire olyan lépésekkel válaszol majd, amelyek a legnagyobb nyereséget biztosítják neki, vagy a veszteségét minimálisra szorítják le. Ehhez méri a saját stratégiáját. Minden sorban – amely a saját lépéseinek a következményeit tartalmazza – kikeresi azt a lépést, amely a legkisebb nyereséget ígéri neki magának. Azután ezek közül a legkisebb értékek közül kiválasztja a legnagyobbat. Kiválasztja a „törpék"-et, azután a törpék, közül az „óriás"-t. Matematikai nyelven: kiválasztja a minimumokat, azután a minimumok közül a maximumot. Az ennek megfelelő lépést kell választania. Ezt a stratégiát nevezi a játékelmélet minimax-stratégiának. A játékelmélet kimutatja, hogy ha mindkét játékos ezt a minimax-stratégiát alkalmazza, akkor elégségesen sok játék esetén mind a két játékos ugyanannyit nyer, amennyit veszít, vagyis végső soron egyik sem nyer

a másiktól semmit. Ez a „zérus összegű" páros játék. Nagyon sok játéknak van ún. nyeregpontja. Ez az a pont, ahol az egyik játékos maximin nyeresége egybeesik a másik játékos minimax nyereségével. A nyeregpontnak megfelelő stratégia: mindkét játékosnak megfelelő stratégia. Amennyiben ezt a stratégiát követik, akkor mindketten a legjobban járnak (természetesen csak a játékelmélet sajátos fogalma szerint). Ha ettől a stratégiától eltérnek, akkor ez – legalábbis a játékelmélet szerint – csak előnytelen lehet számukra, amennyiben növeli a saját veszteséget és a partner nyereségét. Az ilyen típusú stratégiát tiszta stratégiának nevezzük. A játékelméletnek számos más modellje is van. A stratégiák megválasztásának módja is többféle lehet.

Ha valamely vállalatot úgy tekintünk, mint „játékos"-t, amely a „környezete" (vagyis az őt körülvevő gazdasági, természeti stb. feltételek) ellen „játszik", akkor a nyeresége abban fog állni, hogy a kedvezőtlen – esetleg kiszámíthatatlan véletlen – jelenségek ellenére is, a lehető legtöbb terméket fogja előállítani, a lehető legtöbb szolgáltatást képes nyújtani, a lehető legnagyobb nyereségre tesz szert stb. Amennyiben ezt a modellt – mint matematikai modellt – megfogalmazzuk, és számítógépbe visszük, akkor támpontot kaphatunk olyan „optimális stratégiá"-hoz, amely a környezet nehézségeivel számolva is biztosítani tudja a kívánt optimumot. A legtöbb esetben bonyolulttá teszi az ilyen számítást az, hogy nincs megfelelő tájékozottságunk a környezetről, vagy éppen arról, ami a környezetben a jövőben bekövetkezhet, nem is szólva arról, hogy olykor magáról a vállalatról sem tudunk eleget. Ilyenkor a bizonyosságok helyett a valószínűségekhez kell folyamodnunk. Ezek segítségével ilyen korlátozott információk birtokában kiszámíthatjuk – illetve megközelíthetjük – a játékelmélet eszközeivel az optimális stratégiát.

Hálózatmodellek

Az operációkutatás módszereinek nagy csoportja az ún. hálózati modellekhez tartozik. A hálózatokban (pl. gráfokban) csomópontokat és a csomópontokat összekötő (irányított vagy nemirányított) éleket találunk. Hálózat rengeteg van. Gondoljunk csak arra a hálózatra, amely az elektromos áramot vagy a vizet szolgáltatja nekünk, gondoljunk a telefonhálózatra, az olajvezetékek hálózatára vagy azokra a nyomtatott áramkörökre, amelyek magának az elektronikus számítógépnek a kapcsoló-

elemeit összekötik egymással. És hálózatokat találunk pl. a gazdaságban is.

Mit oldhatunk meg az ilyen hálózatmodellekkel? Kereshetjük pl. a hálózat meghatározott pontjait összekötő legrövidebb útvonalat. Amennyiben az élek mellé értékeket rendelünk, akkor kereshetjük a „legolcsóbb" útvonalat: ha az élek pl. raktárakat összekötő szállítási útvonalak, és minden él (útszakasz) mellé szállítási költséget rendelünk, akkor éppen ilyen probléma áll elő. De kereshetjük a hálózatban valamely anyag áramoltatására a maximális kapacitást stb. is. Ha ilyen esetben a költségek csak az élek „hosszúságától" függenek, akkor a probléma esetleg lineáris jellegű, ha a költségek más tényezőktől, mondjuk a szállított mennyiségektől is függenek, akkor esetleg nemlineáris jellegű.

Különös jelentősége van a hálózati tervezésnek. Ha valamely nagy ipari létesítmény tervezéséről van szó, amelynél számos létesítmény időben történő elkészülése a feltétele annak, hogy más létesítmények is időben készüljenek el, és végül az egész objektum határidőre üzembe léphessen: akkor általában ilyen hálózati tervezés segítségéhez folyamodnak. Az élek munkának, eljárásnak, általában folyamatnak felelnek meg, a csomópontok pedig határidőknek, amelyek vagy a kezdetét, vagy a végét jelzik valamely tevékenységnek (munkának, eljárásnak, folyamatnak). Ilyenkor is rendelhetünk az élek mellé „költség"-értékeket.

A hálózati tervezés technikájában kitüntetett szerepe van a „kritikus út" módszernek a CPM-nek (*C*ritical *P*ath *M*ethod). A másik hálózati módszer az ún. PERT módszer (*P*rogram *E*valuation *R*esearch *T*ask, programkiértékelő kutatás). Amennyiben a hálózat élei mellé költségeket is rendelünk, akkor „költségtervezés"-ről van szó. Ilyen esetben pl. kereshetjük a tervezési és kivitelezési költségek minimumát adott tervezési és kivitelezési időtartamot betartva, vagy a tervezési és kivitelezési idő minimumát adott tervezési és kivitelezési költségek esetén stb. Kapacitástervezésről beszélünk abban az esetben, ha a hálózatban bizonyos korlátozó feltételeket kell figyelembe venni: pl. korlátozott gépkapacitás, munkaerő, nyersanyag stb. áll rendelkezésünkre a kivitelezéshez. „Döntési hálók" esetén nem határozzák meg előre – mert nem tudják meghatározni – a kivitelezés lefolyását, azaz hogy milyen csomópontokból, merre indulnak ki az élek: hanem csak bizonyos valószínűségeket rendelnek a lehetséges élek mellé. Ilyen körülmények között tehát különböző kivitelezési eljárások lehetségesek, különböző valószínűségekkel, és a számítások éppen azt célozzák, hogy támpontokat adjanak annak eldön-

téséhez, mikor milyen eljárásokhoz kell ténylegesen folyamodni. Az ilyen döntési hálózat modelljében visszacsatolásokat is figyelembe vesznek: minden csomópont elérése esetén információt kell adni – „visszacsatolni" - arról, hogy az eredményt elérték-e vagy sem, másként szólva, hogy használható eredményre vezetett-e az eljárás vagy sem – ha nem, az eljárást előlről kell kezdeni.

Az ilyen hálózati terv felállításakor a legcélszerűbb a kivitelezést olyan részműveletekre felbontani, amelyeknek jól becsülhetők a költség- és az időigényei. Ilyenkor egy-egy ilyen részletművelet megfelel egy-egy élnek, méghozzá olyan irányított élnek, amelynek a nyílhegye az „esemény" (a terminus) felé mutat. A részletműveletek költség- és időigényeit a legtöbbször a tapasztalatból származtatják. Megállapítanak valamely legkedvezőbb és legkedvezőtlenebb időtartamot, s a kettő között valamely valószínű időtartamot, majd a három időadat alapján kiszámítanak valamely „átlagos" vagy „legvalószínűbb" időt. Ezt a legvalószínűbb, átlagos időt veszik alapul az él „hosszúságá"-nak megállapításakor. A hálózatban bizonyos részműveletek az egyik, más részműveletek a másik útra térnek. Valamely adott útvonalon csak akkor lehet megkezdeni valamely részműveletet, ha a korábbi már befejeződött: csak akkor lehet elindulni a csomópontról egy új élen, ha a régi élen már beérkeztek a csomópontba. Ezzel szemben a különböző útvonalakon a tevékenységek egyszerre párhuzamosan is folyhatnak. Ahol viszont a különböző útvonalak találkoznak egymással, ott ismét csak akkor indulhatnak tovább a találkozási csomópontról, ha minden hozzávezető él mentén már befutottak ide. Ilyen esetben a tervben a csomópontba befutó útvonalak időtartamait külön-külön összegezni kell, és azt kell közülük figyelembe venni, amelyik a leghosszabb. Ilyen módon végül is eljutunk ahhoz az eseményhez, amely magának az objektumnak az elkészültét jelzi: azaz a végső határidőhöz. Ha most innen visszafelé haladunk a különböző csomópontok felé, akkor kiszámíthatjuk azokat a legkésőbbi időpontokat, amelyeket a korábbi csomópontokban el kell érni ahhoz, hogy a végső határidő betartható legyen. Ilyen módon minden csomópont mellett két időpont áll majd: az a legkorábbi időpont, amelyben az esemény bekövetkezhet és az a legkésőbbi időpont, amelyben be kell következnie, hogy a határidő még betartható legyen. A két időpont közötti időrés: a „játék", a „kotyogás" (slack). Ha ezekután csak azokat az éleket vesszük figyelembe, amelyek a legkisebb „kotyogás"-sal rendelkező csomópontokat kötik össze: akkor megkapjuk az ún. kritikus utat. Ez az út azért

kritikus, mert ha itt nem tartják be a tűrési határt, akkor az egész terv veszélybe kerül. Ha a kritikus úton valahol nulla időtartam felel meg a kotyogásnak, akkor ott semmit sem szabad késni. Ha a kritikus úton valahol negatív szám fejezi ki a kotyogás időtartamát, akkor ott már eleve késedelemben vagyunk, azaz az előtte levő éleken a tervezettnél gyorsabban kell haladni, hogy ezt a késedelmet behozzuk, vagy pedig felül kell vizsgálni az egész tervet. Ilyen felülvizsgálatra a gyakorlatban rendszeresen sor kerül. A hálótervezést rendszerint számítógépre bízzák, és késedelem esetén újra terveztetik vele az egész hálót. Persze akkor is sor kerül felülvizsgálatra, ha valamely esemény előbb következik be, mint a számára megállapított „legkorábbi" határidő.

Szimuláció

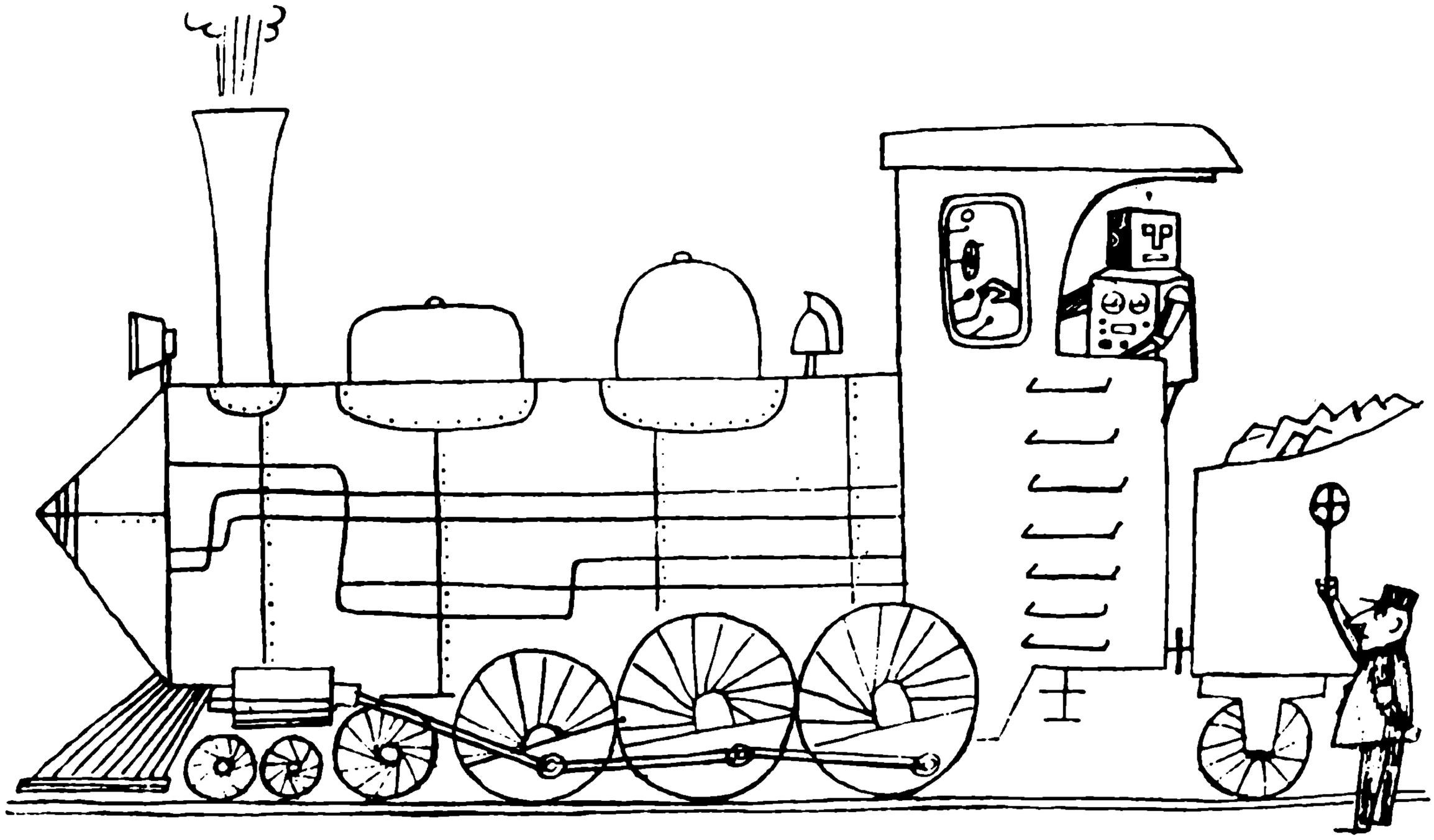
Végül az operációkutatás eljárásai között megemlítjük az ún. szimulációt. Szimuláció esetén a folyamatról szerzett adatok, megfigyelések segítségével egy speciális sztochasztikus modellt építünk fel. Bővebb magyarázatába nem megyünk bele, csak megemlítjük, hogy ilyenkor a számítógépben mintegy a számok közegében lepereghet az, ami a valóságos folyamatban zajlik le. Szimulálni lehet valamely technikai folyamatot, vagy egy város közlekedési viszonyait. Szimulációs modellel varázsolják a gyakorló űrhajósok köré az űr körülményeit is. De ugyanígy szimulálhatjuk a piac változásait a gyár körül, vagy pl. azt, hogy valamilyen árváltozás milyen hatást gyakorol majd a fogyasztás szerkezetére és mértékére. Szimulációs modellhez – ez az igazság – rendszerint olyankor is folyamodnak a matematikusok és a programozók, amikor nem tudnak megbízhatóbb, a matematika szokásos eszközeivel leírható eljárást kialakítani az optimális értékek kiszámítására.

Raktározás, sorban állás, szállítás

Az operációkutatás – amint fentebb láthattuk – nagyon sok szerteágazó problémára terjeszti ki a hatókörét. Ezek közé tartozik a raktárprobléma is, amellyel korábban részletesebben foglalkoztunk. Az optimális raktárkészletet vagy az optimális rendelési állományt, a megrendelések optimális időpontját, illetve azt az optimális megrendelési állományt, amelynek

elérése esetén ez az időpont bekövetkezik: a számítógép operációkutatási eljárások alapján állapítja meg. Amennyiben a számítások egy-egy olyan periódust vehetnek alapul, amelyben a raktári állomány változásai tökéletesen egyformán futnak be (matematikailag úgy jellemezhetők, mintha tökéletesen egyformán mennének végbe), akkor egyperiódusú modellről beszélünk. Ellenkező esetben többperiódusú modellről van szó. Bonyolult a modell akkor, ha több árucikk változásait kell követni egy raktárban, vagy ha több raktárról van szó, s valamely központi raktár látja el ezt a többi raktárat.

Ugyancsak az operációkutatással összeforrott fontos problémacsoport az ún. sorban állási kérdések köre. Itt a modell: lehet pl. a postahivatal, amelynek kiszolgáló ablakai előtt sorban állnak az ügyfelek. De persze ez esetben az „ablak"-ok és az „ügyfel"-ek helyére a legváltozatosabb fogalmak helyettesíthetők be. Sorban állhatnak mondjuk egy telefonhálózat telefonkészülékei, kapcsolásukat várva, egy villamos hálózat fogyasztói, egy gépkocsiszervizben a javíttatni szándékozók stb. Ami a probléma természetét illeti, rendszerint adott a kutatás tárgya: a kiszolgálási idő valószínűségi eloszlása és a két „ügyfél" érkezése között eltelő időtartamok valószínű eloszlása. Amit keresünk, az rendszerint annak az időtartamnak a nagysága, amelyet az ügyfeleknek átlagosan várakozással kell tölteniük, vagy azoknak az ügyfeleknek az átlagos száma, akik egy bizonyos időpontban sorban állnak az „ablak"-ok előtt. Különösen az átlagos várakozási idő kiszámítására állnak rendelkezésre jól kidolgozott matematikai módszerek. Az a kérdéscsoport, amit „tömegkiszolgálási probléma" néven emlegetnek: a lényegét tekintve ugyanehhez a problémacsoporthoz tartozik. Ez esetben valamely központi forrásból kell a megrendelő fogyasztók sokaságát kielégíteni. Ez a probléma jelentkezik pl. a villamosenergia-központ és az áramfogyasztók viszonyában, a vízszolgáltatásnál, a nagykereskedés és vevői között stb. Ebben az esetben úgy kell megállapítani a központi készlet dinamikus (szakaszonként vagy folytonosan változó) kapacitását, hogy minimális ráfordítással, esetleg a legkisebb átlagos várakoztatási idővel mégis mindenkor fedezhesse az éppen jelentkező szükségleteket.



A szállítási feladat

Operációkutatás segítségével oldják meg az ún. szállítási feladatot. Ez akkor jelentkezik, ha valamely gyár termékeit különböző raktárakba vagy különböző vevőknek kell kiszállítani, ha a fogyasztók hálózatában több kiszolgálóhely köthető össze több raktárral stb. Ilyenkor megadhatják azt, hogy az egyes fogyasztóhelyeknek valamely adott időszakban mennyi termékre van szüksége, hogy melyik fogyasztóhely milyen messze van az egyes raktáraktól (azaz mekkorák a szállítási költségek), továbbá azt, hogy melyik raktárnak mekkora a tárolási kapacitása stb. A kérdés esetleg a következő: mely raktárból, mely fogyasztóhelyekre milyen mennyiségű árut kell szállítani, hogy bizonyos optimumokat érjenek el? Ilyen optimum lehet a szállítási költség minimuma, de esetleg a fölmerülő összes költségek minimuma, beleértve a raktárkapacitások lekötésének stb. költségeit is. A szállítási probléma számítógépes megoldásával Magyarországon intenzíven foglalkoznak. Így pl. a Magyar Államvasutaknál és a TEFU-nál. Hasonló jellegű problémát oldott meg a MÉM Ügyvitelszervezési és Gépiadatfeldolgozó Vállalatának IBM–1130 jelű számítógépe, amikor a Cukoripari Tröszt megbízásából kiszámította, mit kell tenni ahhoz, hogy meggyorsítsák a cukorrépa-átvételt. Ez esetben nem szigorúan vett szállítási problémáról volt szó: általánosságban figyelembe

vették azokat a tényezőket, amelyek a cukorrépa átvételét elősegíthetik, illetve hátráltatják.

A Kohó- és Gépipari Minisztérium Ipargazdasági, Szervezési és Számítástechnikai Intézete (KGM ISZSZI) a Kohászati Alapanyagelőkészítő Közös Vállalat megbízásából gazdaságmatematikai módszereket dolgozott ki a kohászati vállalatok, üzemek alapanyag-ellátásával kapcsolatos szállítási tevékenység optimális megoldására. Olyan számítógépprogramot dolgoztak ki, amely kiterjed mindazokra a szállításokra, amelyek a nyersanyagoknak az előfeldolgozó, raktározó helyekre történő eljuttatását, mind pedig a felhasználói igények kielégítését célozza. A program első változatában olyan optimum kiszámítására volt képes, amely 400 feladóhely, 24 közbülső szállítási pont és 60 felvevőhely közötti szállításokkal kapcsolatos. Az optimum: a szállítási költségek minimuma. A programban – illetve a programban szereplő matematikai modellben – a kiindulási vagy feladó helyek képviselik a szállítandó árumennyiség kínálatát, a rendeltetési vagy felvevő helyek a keresletet. Ha a kínálati helyről nem közvetlenül a felvevőhelyre történik a szállítás, mert valamely közbülső művelet iktatódik közbe (részfeldolgozás, osztályozás stb.), akkor a program a közbülső művelet színhelyét közbülső, tranzitraktárként (közbülső pontként) fogja fel. A program az egész szállítási tevékenységet – tehát a kínálati pontról a közbülső pontra és onnan a keresleti pontra történő szállítást – optimalizálja. Ilyen típusú problémával találkozunk pl. akkor, amikor a vas- és acélhulladékot begyűjtik, a begyűjtő raktárakból (kínálati helyekről) részfeldolgozó üzemekbe (közbülső pontokra, tranzitraktárakba) szállítják, majd onnan a kohászati üzemekbe.

Termelési programok

Nagyüzemekben ma már megvalósítanak olyan termelésirányítási programokat, amelyek komplex módon érvényesítik az operációkutatás fent leírt eljárásainak eredményeit, és végül is napi bontásban szolgáltatják a műhelyeknek a konkrét munkafeladatokat. Ilyen esetekben a gyárba befutó megrendelések állományát előre meghatározott optimumkritériumok szerint periódusokra és műhelyekre bontják, majd ezt a bontást tovább finomítják: meghatározzák minden egyes gép teendőit, meghatározzák, hol milyen alkatrészekre, nyersanyagokra, szerszámokra stb.

van szükség, és mindezt kész jegyzékekben nyomtatják ki. Ha a gyárnak késztermékeket – pl. járműveket – kell kibocsátania, akkor a számítógép nemcsak azt nyomtatja ki, hogy az adott munkanapon hány és milyen típusú járművön kell elkezdeni a szerelést, hanem kiadja a járművekhez szükséges alkatrészek darabjegyzékét, továbbá az alkatrészek előállításához szükséges kisebb alkatrészek darabjegyzékeit is. A gyártásprogramozó irodában elegendő a megfelelő űrlapon – vagy lyukkártyán – annyit tudatni a számítógéppel, hogy hány darab s milyen típusú járműre van szükség. A gép ennek alapján a külső tárakban – a mágnesszalagokon, a mágneslemezeken stb. – megkeresi azokat a blokkokat, amelyek az alkatrészek darabjegyzékeit (és a darabok darabjegyzékeit) tartalmazzák, és ezek alapján minden műhely, minden gép stb. számára pontos jegyzéket gépeltet ki. A darabjegyzékek nyilvántartása egyébként a számítógép folyamatos, állandó gondoskodását igényli, minden újítás, minden módosítás megköveteli a darabjegyzékek állandó módosítását is. Ilyen módon a számítógép pontos műveletterveket (műveleti utasításokat) ad ki, a raktárnak pontos jegyzéket készít a kiszolgáltatandó nyersanyagokról, szerszámokról, a legteljesebb részletességgel kinyomtat minden szükséges bizonylatot. Megjelöli a határidőket stb. Eközben figyelembe veszi a szűk keresztmetszeteket, az előállható veszteségeket (az alkatrészek bizonyos hányada rossz, sérült, egyszerűen eltűnik), késedelmeket stb. is, és gondoskodik arról, hogy a műveletsorozatok eredményei a „hálózat csomópontjain" (ezekkel már találkoztunk a hálózati tervezés, a PERT-rendszer, a „kritikus út" módszere leírásánál) találkozzanak egymással. A számítógép nagyon rövid idő alatt módosítani tudja a termelési programot abban az esetben, ha valamilyen okból kimaradás következik be: pl. áramszolgáltatás hiánya miatt valamely műhely vagy gép termelése kiesik, járvány okából sok munkás hiányzik stb. A számítógép abban az esetben is gyorsan tudja módosítani az utasításait, ha a vállalat vezetősége változtatja meg a programot.

A Győri Magyar Vagon- és Gépgyárban egy IBM–360-as gépre hárították a termelésirányítás adminisztrációját. A géppel az iroda közli a havi termelési tervet, a rendelkezésre álló munkaerőlétszámot és a gépek kihasználható kapacitását. A számítógép a külső tárakból kiolvashatja azt, hogy valamely termék előállításához milyen alkatrészekre van szükség, és ezeket az alkatrészeket milyen ütemben (milyen időpontokban) kell beszerezni. Ugyancsak a külső tárolókból olvashatja el maguknak az alkatrészeknek a darabjegyzékeit is. Mindezek alapján a kellő bontás-

ban tudja szolgáltatni a termelési tervet. Rövid idő alatt elvégzi a terv esetleg szükségessé váló módosításait is, ha a körülmények ezt követelik meg. A gyár számítóközpontja a darabjegyzékeket folyamatosan karbantartja: minden változást azonnal átvezettetnek a számítógéppel. Ez naponként történik. A gyár kedvező tapasztalatokat szerzett a számítógépes termelésirányítás előnyeiről: a termelés folyamatosabbá vált, megszűntek a korábbi hullámzások, csökkentek az anyagellátási gondok.

Vállalati tervek készítése

A szocializmus gazdasági viszonyai között különös fontossága van azoknak a számításoknak, amelyeket a számítógéppel a vállalati vagy magasabb szintű tervek előkészítésére végeztetnek el. A KGM ISZSZI pl. gazdaságmatematikai módszereket dolgozott ki a tárcához tartozó vállalatok középtávú tervei kidolgozásának megkönnyítésére. E programok lehetővé tették, hogy minden vállalat maga határozza meg, mit akar a tervében optimalizálni. A vállalatok két optimumot jelöltek meg. Ezek közül az egyik a bruttó nyereség maximuma volt. A második optimum a vállalatok sajátosságai szerint változott. Az egyik vállalat mondjuk az árbevétel maximumát, a másik a devizaegyenlegek legkedvezőbb helyzetét, a harmadik az egy forint bérköltségre jutó részesedési alap maximumát, megint más vállalatok az ún. ráfordítási mutatók minimális értékeit (a legkisebb költséget, a legkisebb létszámot, a beruházási költségek legalacsonyabb szintjét stb.) jelölték meg. A vállalatok a tervek elkészítéséhez szükséges alapadat-szolgáltatást és magukat a terveket az ISZSZI szakembereinek a közreműködésével dolgozták ki. Az elkészült modelleket vállalati zsürik értékelték, és egyben meghatározták azt is, milyen változtatások, kiegészítések szükségesek bennük. A vállalati tervek számítógépes előkészítése mindjárt első alkalommal jelentős többletet nyújtott a hagyományos módozatú tervkészítés eredményeivel szemben. A termelési érték 6, a bruttó nyereség 16%-kal volt bennük magasabb, mint a hagyományosan készült tervekben; ugyanakkor a beruházási igény 6%-kal csökkent, a devizaegyenleg pedig tőkés viszonylatban 66, szocialista viszonylatban 11%-kal javult. Ezek, persze, átlagos értékek. De a számítógép közreműködésének más haszna is jelentkezett. A gépi számítások feltárták a gazdálkodás megjavításának bizonyos, addig rejtett lehetőségeit. Kitűnt, hol van lehetőség profiltisztításra, hol vannak szűk

keresztmetszetek, de az is kiderült, hogy hol használják ki legjobban a kapacitásokat. Az is megmutatkozott, mely termékek esetében esnek egybe és melyekében térnek el a vállalati és a népgazdasági érdekek. A számítógépek feltárták a különböző vállalati információs rendszerek esetleges gyengeségeit is. Emellett a gépek nem egyetlen tervet, hanem több variánst javasoltak, és a vállalatoknak ezek alapján módjuk nyílott arra, hogy különböző fejlesztési, értékesítési stratégiákat alakítsanak ki.

A KGM ISZSZI az eredményeket (terveket) – úgymond – bizonyos fenntartással fogadta, mert azt az információbázist, amelyen alapultak, nem tartotta kielégítőnek. Ezért a terveket különböző érzékenységi vizsgálatoknak vetette alá. Ezek az érzékenységi vizsgálatok lényegében annak a felderítésében állottak, hogy miképpen alakulnak a terv következményei, ha bizonyos korlátozó feltételeket megváltoztatnak. Ilyen korlátozó feltétel pl. a piaci eladhatóság, a rendelkezésre álló gépi kapacitás vagy a munkaerő-létszám alsó, illetve felső határa. Vizsgálták, mi történik akkor, ha feloldják azokat a korlátokat, amelyeket az értékesítési lehetőségek esetében figyelembe vettek: növekedik-e vagy csökken-e a nyereség stb. Ezek a vizsgálatok hasznos adatokkal szolgáltak a vállalatok értékesítési politikája főbb irányvonalainak a meghatározásához. Vizsgálták, mi történik abban az esetben, ha bizonyos mértékben bővítik a tervben figyelembe vett gépi kapacitást: mekkora költségráfordítással valósítható az meg, milyen többleteredményt hoz. E vizsgálat eredményei támpontot adtak ahhoz: érdemes-e új beruházások megvalósításával foglalkozni vagy sem. Végül vizsgálták: milyen következményekkel járna a létszámkorlát feloldása: milyen többletnyereséggel járna, ha új munkaerőket vennének fel. Hogy ez utóbbi vizsgálat eredményei reális körülmények közé legyenek helyezhetők, figyelmet kell fordítani a vizsgálatok során arra, vajon egyáltalában lehetséges-e új mukaerők felvétele, és ha igen, milyen költségekkel terhelné az a vállalatot (pl. új munkásszálló építésében, vagy utazási költségek fedezésében stb.).

Ugyancsak a KGM ISZSZI állított össze olyan számítógépprogramot, amelynek segítségével kimutatható, miképpen alakulnak az egyes szervezeti egységekben az önköltségek, melyik szervezeti egység, mennyivel járul hozzá a közös jövedelemhez (vagy mennyivel csökkenti a közös jövedelmet). Ez a program a vállalat minden munkatevékenységéhez bizonyos „árat" rendel: nemcsak a közvetlenül termelő, hanem a szolgáltató jellegű tevékenységekhez is. Ezt az árat úgy képzik, hogy figyelembe veszik a tevékenység végzéséhez szükséges eleven és holt munkát, az ezek-

hez kapcsolódó kiegészítő költségeket, a rezsi jellegű költségek arányos hányadát és végül a lekötött eszközökkel arányos nyereséget. Így minden egyes szervezeti egységre vonatkozóan megállapítható, milyen hatékonysággal használja ki az állóeszközöket és működteti a munkaerőt, milyen mértékben „részesedik" a vállalati össztermék, illetve nyereség kitermelésében.

A Magyar Híradástechnikai Egyesülés Számítástechnikai és Szervezési Központja (MHESZSZK) olyan programot szerkesztett, amelynek segítségével a számítógép segítségét lehet kérni a vállalati érdekeltségi alapok kiszámításához, megtervezéséhez. A program a megadott alapadatok (nyereségtömeg, eszközállomány, bér, létszám) alapján tetszés szerinti számú változatban képes a számításokat elvégezni. Ez esetben a változatok száma igen nagy lehet, „kézi erővel"nem készíthetők el. Emellett a program egy-egy ötéves időszak minden esztendejére vonatkozóan külön-külön szolgáltat adatokat, ami még tovább növeli a lehetséges változatok számát. A számítások eredményeképpen megjelennek azok az adatok, amelyek megmutatják a vállalati alapok, az adók és a jövedelem alakulását. Ezek olyan vállalatpolitikai döntéseket alapozhatnak meg, amelyek a vállalatfejlesztést, a személyi jövedelmek alakulását stb. érintik, végső soron alapot szolgáltatnak a középtávú vállalati terv elkészítéséhez.

A vállalati tervek számítógépes előkészítésére, mint lépcsőfokra rá lehet építeni magasabb szintű középtávú tervjavaslatok elkészítését is. Erre vonatkozó programokat is kidolgozott a KGM ISZSZI. Első alkalommal a tárcához tartozó kohászati ágazat, gépeket és gépi berendezéseket gyártó alágazat, és a közlekedési eszközöket gyártó alágazat ötéves tervére vonatkozóan tett ilyen javaslatot. Ezek a tervjavaslatok igyekeztek összhangba hozni a vállalati terveket a népgazdasági szintű elvárásokkal. Az így készült tervvariánsokat is érzékenységi vizsgálatokkal próbáztatták: kiszámították, mi történik akkor, ha bizonyos megadott feltételek korlátjain átlépnek, pl. egyes felsőbb szintű utasítások vagy külkereskedelmi szabályozások határain. Ennek alapján sok variáns készült el. Ezekből kitűnt, mi történik abban az esetben, ha módosítják az árakat vagy az ártámogatásokat, kitűnt az is, hogyan viszonyulnak a hazai termelés költségei a világpiachoz, hol jelentkeznek a csak gazdaságtalanul üzemeltethető termelői kapacitások. A különböző változatok különböző termelési, export-, import- és beruházási politikához szolgáltattak kiinduló adatokat. Az operációkutatás módszerei mind a tőkés, mind a szo-

cialista gazdaságban egyformák. A célok között azonban a két rendszerben alapvető különbségek jelentkeznek. Ha a tőkés vállalat adatokat számíttat ki a számítógéppel üzletpolitikájának alakításához, akkor alapvető szempontként a saját üzleti érdekeit tartja szem előtt (a maximális profitot, esetleg hosszabb távra előre tekintve, időleges veszteségeket is megengedve). A szocialista vállalat szemléletében a vállalati érdekeken túlmenően meg kell jelennie a népgazdaság magasabb szintű érdekeinek is: itt olyan optimumokat kell követelni a géptől, amelyek egyszerre felelnek meg a vállalat és a népgazdaság érdekeinek. A szocialista vállalat nem indulhat ki üzletpolitikájának meghatározásában kizárólag az önköltség minimumra süllyesztésének, a vállalati nyereség maximumra emelésének a szempontjaiból, hanem figyelembe kell vennie azt a funkciót, feladatot is, amelyet a vállalat a népgazdaság egészében betölt, és azt is szem előtt kell tartania, hogy optimálisan meg tudjon felelni ennek a funkciónak, feladatnak.

Népgazdasági tervek

A számítástechnikai módszerek jól felhasználhatók a népgazdaság tervezésének, irányításának korszerűsítésében is. Itt az operációkutatás módszerei közül főleg a lineáris programozási modellt tudják hasznosítani. Jól alkalmazhatók azonban más lineáris algebrai módszerek is. Ilyen pl. az ágazati kapcsolatok mérlege. Egy-egy ipari ágazat kapcsolatmérlege szektorokra bontva ábrázolja az ágazatot. A mérlegben feltünteti az ún. „közvetlen ráfordítási normák"-at, vagyis azt, hogy egy-egy szektorban mekkora ráfordítás szükséges a termékek előállításához. Feltünteti, hogy a szektor termelésének mekkora hányadát kell magában a szektorban hátrahagyni, hogy a termelést tovább folytathassák; a szektor termeléséből mekkora hányadot kell külön-külön a többi szektoroknak átadni, hogy azokban is lehetővé váljék a szükséges mennyiségű termék létrehozása. Végül feltüntetik a „végső felhasználás"-t is, vagyis a termékeknek azt a hányadát, amelyet egyéni vagy társadalmi fogyasztásra, beruházásokra, felújításokra, exportra stb. szánnak. A kapcsolatok mérlege: mátrix alakjában készül. A mátrixokkal végzett számítások révén megállapítható, hogy ha az egyik szektorban változtatást hajtunk végre (a ráfordítások vagy az igényelt termékek mennyiségében stb.), akkor a változtatás miként gyűrűzik végig az egész ágazaton. Egyetlen változ-

tatás mindenütt megváltoztat mindent. Emiatt minden változtatás esetén magának a mátrixnak az újraírására van szükség, ez pedig a számítások óriási tömegét követeli meg. Ha elégséges számú számítást akarnak elvégezni ahhoz, hogy különböző lehetséges változtatások hatásait modellálják, és így különböző alternatívák között választhassanak: akkor csak a számítógépet hívhatják segítségül.

A KGM ISZSZI számítógép segítségével elkészítette a gépipari ágazati kapcsolatok mérlegét. Ez – az első változatban – 81 gépipari és 14 kohászati termékcsoportra terjedt ki, és figyelembe vett az ágazathoz kapcsolódó más ágazatokat is. Az adatok részben közvetlen megfigyelésekből, részben pedig más szervektől származtak. Figyelembe vették a korábban készült ágazati kapcsolatmérleget, a mérleg tervének adatait és a megvalósulás tényadatait. Figyelembe vettek továbbá olyan adatokat, amelyekből bizonyos trendhatásokra következtethettek. Ilyen módon dinamikus jellegű mérleg készült, amely közép- és hosszú távú tervjavaslatok alapjául is szolgálhatott.

Az ágazati kapcsolatok mérlegére számos modellt dolgoztak ki a Központi Statisztikai Hivatalban és az Országos Tervhivatalban, és igen nagy volumenű számításokat végeztek számítógépeiken.

A gazdaság működésének modelljei

Számítógép segítségével elkészíthetők és működtethetők olyan modellek is, amelyek egy-egy ország gazdasági életére, gazdaságának mechanizmusára vonatkoznak. Ezek a modellek azt ábrázolják, miként áramlanak a gazdaságban termékek, pénzösszegek, információk (pl. törvények, rendeletek, jelentések, utasítások, megrendelések stb.) a gazdaság különböző intézményei (hivatalok, gyárak, fogyasztói blokkok stb.) között, különböző rögzített vagy lehetséges csatornákon. Az ilyen modellek megalkotói természetesen csak nagyon szűk határok között vehetik figyelembe a modell felállításakor a gazdasági élet valóságát, és még így is a blokkok meg a közöttük megvalósuló kapcsolatok rengetegével kell számolniuk. Az ilyen modellekben az, amit az egyik blokk kibocsát (output), bemenő adatként (input) szolgál a másik blokk számára. Az egyes blokkokon belül a bemenő adatok feldolgozása történik, ennek eredményeképpen lépnek ki a kimenő adatok (output adatok). E modellek tehát mintegy szimulálják a gazdaság egy-egy blokkjának a tevékenységét,

minden egyes blokk a saját „válaszfüggvénye" szerint dolgozza fel a bemenő adatokat kimenő adatokká. Ez a válaszfüggvény mintegy az adott blokk gazdasági stratégiáját, taktikáját, „szokásait" fejezi ki. A válaszfüggvény megalkotható úgy is, hogy a blokk az információfeldolgozásban figyelembe vegye a korábban szerzett tapasztalatokat, vagyis azt, hogy mikor, milyen döntés, milyen eredménnyel (sikerrel vagy kudarccal stb.) járt. A blokk a válaszfüggvény előírásainak megfelelően a választásnál előnyben részesítheti korábbi döntései közül azokat, amelyek kudarcot vontak maguk után. Ebben az esetben a blokk mintegy okul a saját kárán, feldolgozza saját történelmének tanulságait, ami a gazdaság valóságos intézményeiről, élő blokkjairól, sajnos, nem mindig mondható el. Olyan válaszfüggvények is szerkeszthetők, amelyek előre nem látott helyzetek bekövetkezése esetén mintegy módosítják önmagukat, azaz a régi működési módot új működési móddal cserélik fel.

Az ilyen blokkmodellben rendszerint hiányoznak az információk annak a meghatározásához, hogy melyik blokk mellé milyen működési módot rendeljenek. Ebből eredően hézagosak, nem eléggé jól közelítőek azok a feltételezések sem, amelyek az egyes működési blokkok kimenő adataira vonatkoznak. Rendszerint nem lehet pontosan becsülni azokat a „reakcióidő"-ket sem, amelyek egy-egy blokkban az információk, nyersanyagok és más bemenő adatok feldolgozásához, azaz az input adatok output adatokká történő átalakításához szükségesek. Ezért az ilyen modellek csak nagyon tág határok között szimulálhatják a gazdaság eljövendő működését. De meg is fordíthatjuk a dolgot, s azt állíthatjuk, hogy minél pontosabban tudjuk előrebecsülni a blokkok működési módjait, annál hívebben tudjuk ábrázolni a gazdaság működését. Annyi bizonyos, hogy az ilyen országos szintű mechanizmus-modellek kizárólag számítógép segítségével szerkeszthetők meg és működtethetők.

Elvileg a játékelmélet eljárásaival is megszerkeszthető a gazdaság működésének modellje. Ebben az esetben az egyik játékos a gazdaság, a másik pedig a „környezet", ideértve nemcsak a természet erőit, hanem azokat a gazdaságokat is, amelyekkel az adott gazdaság kapcsolatban áll, és beleértve a véletlen szeszélyeit, a váratlan körülményeket is. Itt olyan „játékot", azaz olyan gazdasági stratégiát kell a gazdaság számára megállapítani, amelynek segítségével a legnagyobb nyereségre tehet szert partnerével, a környezettel szemben. Másként ezt úgy is kifejezik, hogy keresik a gazdaságnak az adott környezethez hozzárendelhető optimális „alkalmazkodási folyamat"-át.

Az ilyen „játék”-ot rendszerint mátrixszal jellemzik. A mátrixban feltüntetik, hogy milyen állapotokba kerülhet a gazdaság, s ezek az állapotok milyen valószínűségekkel következhetnek be. Minden állapothoz hozzárendelnek valamely értéket. Ez az érték a legkülönbözőbb minőségi tartalommal lehet azonos (pl. termékhozammal, fogyasztási igények kielégítésével, a felhalmozási igények kielégítésével, a felhalmozási alap növelésével stb. stb.). Különböző döntések között válogathatnak. Egy-egy döntés következtében a rendszer különböző „érték”-eket várhat, mint nyereségeket, aszerint, hogy milyen valószínűségekkel, milyen állapotokba kerülhet. Minden egyes döntés mellé fel lehet sorakoztatni ezeket az értékeket, nyereségeket (illetve veszteségeket). A mátrix feldolgozásának az a célja, hogy olyan döntéssorozatot állapítsanak meg, amelynek esetén a gazdaság várható nyeresége maximálisra emelkedik, „minimax”-játék esetén pedig „szerény, de biztos” értékre. Rendszerint hiányosak a különböző állapotok mellé rendelhető valószínűségekre vonatkozó információk, és pontatlanok azok a becslések is, amelyek a különböző állapotokkal összeférő nyereségekre vonatkoznak. A játékelméleti eljárások azonban ilyen hiányos információkra támaszkodva is megengedik a stratégiák kialakítását. Persze, az információ hiányossága megnöveli a szükséges számítások tömegét; dehát éppen arra való a számítógép, hogy megbirkózzék a számítások tömege okozta nehézségekkel.

A népgazdaság tervezésével, irányításával összefüggő feladatok megoldására nagy számítástechnikai kapacitást hoztak létre az Országos Tervhivatal Számítástechnikai Központjában. Itt üzemel az ország jelenleg legnagyobb teljesítményű számítógépe. Ez a központ a KSH keretén belül működő számítástechnikai intézetekkel, valamint a Pénzügyminisztérium Számítóközpontjával együtt alkotja az államigazgatás korszerűsítésének számítástechnikai bázisát.

9 | NAGY ADATBANKOK

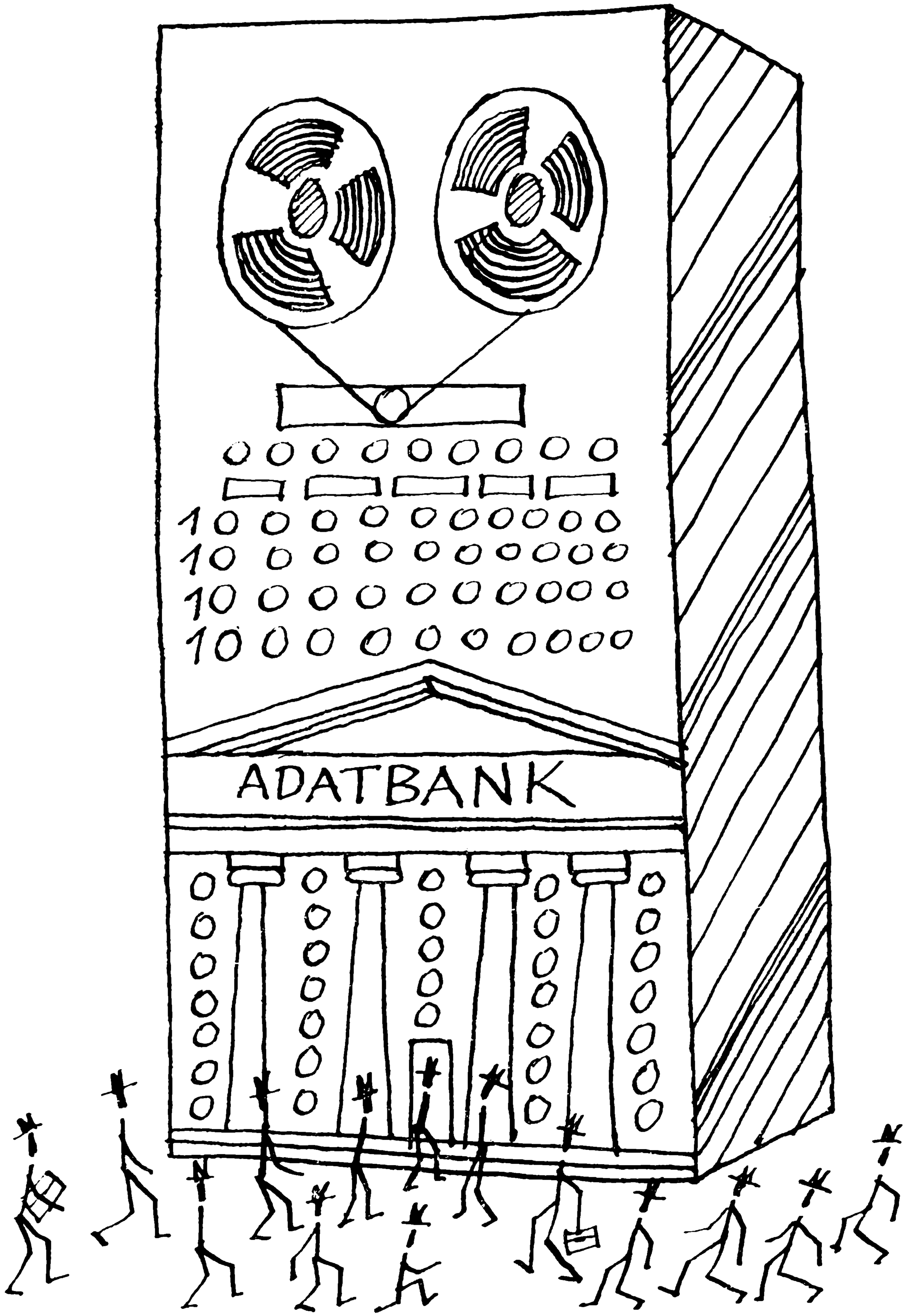
Az adatok tárolása és keresése

Külön is ismertetni szeretnénk azokat a nagy adatbankokat, amelyek a szocialista gazdaság viszonyai között a népgazdaság jelentős területeire terjedhetnek ki, vagy éppen a népgazdaság egészét érinthetik. Ezeknek a hatalmas adatbankoknak a megvalósításakor gondosan meg kell tervezni, milyen módon tárolják az adatokat, milyen kapcsolatokat létesítsenek közöttük. Csak így lehet remélni, hogy a bank ki is elégítse azokat a követelményeket, amelyeket vele szemben támasztanak: hogy éppen a kellő bontásban, illetve csoportosításban, a kívánalmaknak megfelelően tudja szolgáltatni az adatokat.

Az ilyen nagy adatbankban több hierarchiaszinten helyezik el az adatokat. Valamely alsóbb hierarchiaszint adatai megfelelő aggregáltságban – tömörítetten, összevontan – kerülnek a felsőbb hierarchiaszintre. Az azonos hierarchiaszinten elhelyezkedő adatok között megfelelő kapcsolatokat (struktúrát) építenek ki.

A dolog ott kezdődik, hogy az adatokat már a forrás helyén olyan dokumentumokra kell rögzíteni, amelyekről elindulhatnak a gép felé: egyértelmű dokumentumként kell olvasásra kerülniük a lyukasztókhoz, akik lyukkártyákra vagy lyukszalagra viszik azokat. Anélkül kell a lyukasztást elvégezni, hogy közbülső munkalapokat kellene kitölteni. Hacsak lehet, úgy kell megszerkeszteni ezeket a dokumentumokat, hogy a természetes nyelv szavaival tehessék meg a bejegyzéseket. Természetesen nem lehet akármilyen szavakat alkalmazni, csak azokat, amelyek a szabványban szerepelnek. A szabványosítás kiterjed a szavak alakjára is. Elhagyják a névelőket, a főnevek mindig egyes szám alanyesetben szerepelnek, az igék mindig főnévi igenévként stb. Végeredményben azonban nagyon megkönnyíti a munkát, hogy nincs szükség a kódszámok megjelölésére, illetve arra, hogy a szavakat a kódszámok nyelvére fordítsák le: ezt majd később a gép végzi el.

A gép „szótár" segítségével fordítja le a szavakat kódszámokká. Ámde ez a szótár nemcsak egyszerűen lefordítja a szavakat, hanem egyben mel-


ADATBANK

léjük rendeli azokat az indexszámokat is, amelyek megjelölik e szavak helyét a különböző hierarchikus vagy mellérendelt kapcsolatokban. Ennek az a célja, hogy a gép a visszakereséskor ne csak a szót (a fogalmat) magát találja meg, hanem utalásokat találjon azokra a fogalmakra is, amelyekkel az adott fogalom kapcsolatban áll. Ezeknek a kapcsolatoknak a megjelölése történhet az ún. láncelv alkalmazásával is. Ebben az esetben csak az ún. „nyitóelem"-et kell a szó mellett megjelölni – a gép a nyitóelemről automatikusan rá tud térni a lánc többi elemeire, hogy végül visszatérjen magára a nyitóelemre. Ilyen módon a gép a nyitóelemtől kiindulva és oda visszatérve, az adatok zárt láncán halad végig. Ennek a zárt láncnak bármelyik eleme szerepelhet nyitóelemként, vagyis bármelyik elemre ráfüggeszthetnek egy mellékláncot. Ekkor a gép végighalad a mellékláncon, s visszatér a melléklánc nyitóelemére, és úgy halad tovább a főlánc következő szemére. A mellékláncok bármelyik eleme ugyancsak szerepelhet másodrangú melléklánc nyitóelemeként stb. Ilyen módon nagyon rugalmas, sok adatra kiterjedő láncolás valósítható meg. A nyitóelem – a lánc többi eleméhez viszonyítva – generatív fogalom, a többi elem hozzá képest specifikus fogalom. Ha a lánc valamelyik közönséges eleme nyitóelemmé válik valamely melléklánc viszonylatában, akkor egyben a melléklánc specifikus fogalmaihoz képest generatív fogalommá is válik. Így a lánc minden tagja lehet más láncok nyitóeleme. Ráadásul ugyanaz az elem egyszerre több láncban is szerepelhet.

Amikor ilyen láncelv alapján tárolt adatokat szólítanak ki a tárból, akkor a legkülönbözőbb kapcsolatokat, csoportosításokat valósíthatják meg. Ha pl. láncelv alapján tároljuk Magyarország összes áramfogyasztóinak adatait, és azután azt kérdezzük a géptől, hogy Borsod megyében miként alakult az áramfogyasztás az 1970-es években, akkor a gépnek két láncon kell végigfutnia, Borsod megye és az áramfogyasztás adatainak a láncán, s azokat a láncszemeket kell kikeresnie, amelyek mind a két láncban közösek.

Az ilyen nagy adatbankokban mágneslemezes, esetleg mágnesdobos (közvetlen hozzáférésű) tárba viszik be az adatok legnagyobb részét. Ezeket a gép igen gyorsan elérheti. Elvileg az is lehetséges, hogy azt a kevés számú adatot, amelyet gyakorlatban a legtöbbször keresnek, a gép operatív tárába, a központi egység belsejébe vigyék be: ekkor ezek „real time"-rendszerben, késedelem nélkül, bármikor kiszólíthatók. Azokat az adatokat, amelyek viszonylag ritkán szükségesek, és ekkor is rendszerint blokkokban: mágnesszalagokra rögzíthetik. Az adatoknak azt a halmazát,

amelyre viszonylag csak ritkán van szükség, de tárolásban nagyon is helyigényesek: címtárolós rendszerrel őrizhetik, ilyenkor az adatok helyett csak azokat a címeket, lelőhelyeket jegyzik föl, ahol találhatók. A népgazdasági szintű adatbankoknál ez elkerülhetetlen és nagyon takarékos módszer. Ilyenkor az adatokhoz csak a számítóközpont személyzete segítségével lehet hozzáférni, a személyzet esetleg más számítógépektől, más adatbankoktól táv-adatfeldolgozós rendszerben kérheti az igényelt adatok beküldését. Ugyanígy címtárolós rendszerben utalhatnak az adatbankban olyan információkra is, amelyek terjedelmes szöveget tartalmaznak, pl. gazdasági vagy politikai eseményeket, módszereket örökítenek meg stb.

Eltekintve azoktól az adatoktól, amelyeknek csak a címét őrzi az adatbank: az adatbank adataihoz a perifériák révén lehet hozzáférni. Telexgépeken is kérhetik az adatokat, és ebben az esetben telexgépekre is érkeznek meg. A legkorszerűbb adatkérő periféria természetesen a megjelenítő. Ez különösen akkor pótolhatatlan, ha az adatok azonnal kellenek, ilyenkor az azonos idejű feldolgozást, a real-time processinget alkalmazzák.

Magyarországon sorra valósulnak meg nagy ágazati, illetve népgazdasági szintű adatbankok. Adatbank létesült a Pénzügyminisztérium Számítóközpontjában. Ez a pénzügyi kormányzat, az ágazati irányítás és a tanácsok szolgálatában áll egyidejűleg. Ezeket a szerveket látja el a szükséges információkkal. Ez az adatbank az állami vállalatok és szövetkezetek mérlegbeszámolóira, adónyilvántartásaira, adóelszámolásaira vonatkozó adatokat gyűjti. Ezekre és más adatokra támaszkodva különböző számításokat is elvégeztethetnek a bankkal. Így ki lehet vele számíttatni olyan adatokat, amelyek a költségvetési bevételek és kiadások, a pénzügyi kapcsolatok elemzéséhez, a tanácsok adórészesedésének megállapításához stb. szükségesek. Elvileg támpontokat nyújthat az állami alkalmazottak illetményének számfejtéséhez is. Az Állami Fejlesztési Bank adatbankja olyan adatokat tárol, amelyek a beruházásokkal kapcsolatos számvitelhez és a beruházásokkal kapcsolatos közgazdasági számításokhoz szükségesek. Végső kiépítésben ezt az adatbankot négy fő terület szolgálatába állítják, ezek: a fiókhálózat, a bank adatait összefoglaló számviteli osztály, a hitelengedélyezési főosztály és a tervstatisztikai osztály. Ez a felosztás, amely figyelembe veszi az Állami Fejlesztési Bank működési struktúráját, egyben megfelel az ellátandó feladatok jellegének is. A bank adatai alapul szolgálnak a fiókhálózattal kapcsolatos felada-

tok ellátásához, ugyanakkor reájuk támaszkodva olyan számításokat is elvégeznek, amelyekben főként a számviteli, a hitelengedélyezési és a tervstatisztikai munkaterületek érdekeltek: pl. elkészítik a főkönyvi könyvelést, szolgáltatják a mérleg főbb adatait, kiszámítják a kamatterheket, kimutatásokat készítenek a beruházások pénzügyi teljesítéséről stb. Emellett adatokat szolgáltatnak az operatív gazdasági vezetés számára is. Bizonyos adatokat az Országos Tervhivatalnak, másokat a Pénzügyminisztériumnak stb. továbbítanak. Az adatbank lehetővé teszi a szükséges kimutatásoknak olyan sűrű időközökben történő kinyomtatását, hogy azokat még figyelembe vehessék a felsőbb szintű operatív döntéseknél. Így ötnaponként készül jelentés a bank útján lebonyolódó pénzforgalomról, tíznaponként a beruházások teljesítéséről stb. Ha meggondoljuk, hogy hazánk nemzeti jövedelmének kb. egynegyedét fordítjuk beruházásokra, a beruházott vagyon növelésére vagy pótlására, akkor világossá válik előttünk, milyen nagy jelentőségű ez az adatbank. Adatai módot kínálnak arra, hogy beruházási lehetőségeinket a lehető leghatékonyabban használjuk ki. Óriási adatkincs hasznosításáról van szó. Az Állami Fejlesztési Bankon átfutnak az összes beruházási programok, engedélyek, a legfontosabb szállítási, kivitelezési szerződések, azok az okmányok, amelyek a gazdaságossági számításokra, az építések, az üzembe helyezések határidejére, az elszámolásokra vonatkoznak. Évente több mint tízmillió adatról van szó. Mindaddig azonban, amíg nem került sor az adatbank kiépítésére, ennek az adatvagyonnak a felhasználásáról szó sem lehetett, jórészt „elfekvő raktár" volt, amelyben ott rejtőztek felhasználásának lehetőségei. Most azonban felszínre kerülhetnek, és valóságos hasznot hajthatnak. Jelenleg a fiókokban a napi ügyintézéssel együtt lyukszalagra rögzítik az adatokat, és az elektronikus adatfeldolgozó központ ezeket a lyukszalagokat feldolgozza.

Integráció

Az ilyen nagyobb területeket felölelő adatbankok „integrálhatók", azaz olyan szervezetben egyesíthetők, amelyek egységbe vonják az adatkészleteiket. Ehhez nem feltétlenül szükséges magukat az adatforrásokat is egy helyre tömöríteni, csak arra van szükség, hogy megteremtsék közöttük a szükséges kapcsolatokat. Itt van pl. a külkereskedelem területe. A külkereskedelem áttekintéséhez (és ezen keresztül irányításához) szük-

séges adatok különböző szerveknél születnek meg. Az áruforgalommal kapcsolatos adatokat a Külkereskedelmi Minisztérium és a Központi Statisztikai Hivatal tárolja, a pénzforgalomra vonatkozók a Magyar Nemzeti Banknál, a Külkereskedelmi Banknál és a Pénzügyminisztériumban jelentkeznek, a szállítási adatok viszont a MÁV-nál, a MASPED-nél stb. Az integráció azt követeli, hogy ezek az adatok valamennyien egységes hálózat elemeivé váljanak. Ennélfogva már az adatok rögzítésekor is tekintettel kell lenni arra, hogy azok ebben az egységes hálózatban közlekedni tudjanak. Hogy úgy mondjuk: az adatoknak olyan egyenruhába (szabványalakba) kell öltözniük, amelyben engedélyezett a közlekedés az egységes hálózatban.

Emellett az adatokat olyan kényszerpályákra kell irányítani, amelyeken a hálózat mindazon állomásaira, amelyeken szükség van rájuk, automatikusan eljutnak. Minthogy ugyanazoknak az alapadatoknak különböző intézményekben, különböző számításokban juthat szerep, ezért az alapadatoknak általában minden szerv számára hozzáférhetőeknek kell lenniük. Az egységes hálózatról sajátos térképet, „információáramlási mátrix"-ot kell készíteni, amely feltünteti, hogy valamely adott feladat megoldásához hol találhatók a szükséges adatok.

Ugyanilyen módon más területeken is megvalósítható az integráció. Az integráció – technikai megvalósítását tekintve – lehet közvetlen és közvetett. Közvetlen az integráció akkor, ha egyetlen számítógép külső háttértáraiba futnak be az összes adatok. Közvetett az integráció akkor, ha az adatokat külön-külön adatbankokban, külön-külön számítógépek mellett tárolják, és az egyik adatbankból kibocsátott kimenő adatok a másik adatbankban, a másik számítógépnél bemenő adatokként szolgálnak. A különböző adatbankok között lyukkártyákon, lyukszalagokon, mágnesszalagon közlekedhetnek az adatok, de természetesen táv-adatfeldolgozás esetén telefon-, illetve távíróvonalakon, sőt akár mikrohullámú híradóláncokon is. A közvetett integrációt másként kommunikatív integrációnak is nevezzük. Az integráció a munkafolyamatok kapcsolatait tekintve lehet vertikális és horizontális. Vertikális az integráció abban az esetben, ha a munkafolyamatok időben követik egymást, vagyis az egyik munkafolyamat eredménye (az egyik adatbank outputja) a másik adatbank műveleteinek a bemenő adataként (inputjaként) szolgál. Horizontális az integráció akkor, ha a munkafolyamatok nem függenek egymás eredményeitől, azaz nem kell egymásra következniük, hanem egyidejűleg párhuzamosan is lefolyhatnak.

Statisztikai számítások

Olyan számításokat végezhetnek – ezekre a nagy adatbankokra támaszkodva –, amelyek az adatok között – különböző szempontoknak megfelelően – különböző összefüggéseket tárnak fel. Ilyen jellegűek a statisztikai számítások. A Központi Statisztikai Hivatal kiterjedten bízza számítógépekre a statisztikai kimutatások elkészítését. Az ilyen jellegű számításokhoz is szükséges előkészítő, szervező munkát végezni. A számításokat a KSH Számítástechnikai Igazgatóságán végzik. A munka első fázisa: a megrendelés elkészítése. A megrendelés a szervezőnek szól, s a statisztikus készíti el. A „teljes" megrendelésnek tartalmaznia kell a statisztika alapjául szolgáló bizonylatot, a beszámolójelentés kitöltési utasításait, az alkalmazott kulcsszámok (jelzőszámok) jegyzékét (a kódjegyzéket), a jelentés adatai, illetve adathelyei közötti számszaki, logikai, szakmai összefüggések részletes leírását, az ellenőrzési, javítási utasítások, illetve eljárások sorozatát, a matematikai-statisztikai jellegű számítási igényeknél az egyértelmű matematikai algoritmus leírását, a kívánt listák, táblák részletes alaki és tartalmi leírását, illetve rajzát, a csoportosítások, összegfokozatok egyértelmű megjelölését, a szükséges rész- és véghatáridőket, a példányszámot, a hibajavítás módját, a feldolgozandó anyag várható mennyiségét, ütemezését, az elvégzendő munka gyakoriságát, jellegét (új, ismételt, módosított, kiegészítő feldolgozás). Példaképpen nézzük meg egy háztartás-statisztikai kimutatás elkészülési menetét. A háztartás-statisztikai megfigyelés reprezentatív adatgyűjtésen alapszik. Célja: kiválasztott 4000 család adatai alapján a lakosság bevételeinek, kiadásainak és fogyasztásainak a megfigyelése. Az adatfelvétel a munkás-, alkalmazotti családok esetében 510, paraszti és kettősjövedelmű családokéban 715 adatra terjedt ki. Az egy-egy családra vonatkozó adatok rögzítése 45, illetve 76 lyukkártyán történt. Az összes kártyák száma 250 000-re tehető. E megfigyelés feldolgozására vonatkozó megrendelés mintegy 60 gépelt oldalon rögzítette a táblázatokra vonatkozó utasításokat. Mintegy 90 táblázatot tartottak szükségesnek kidolgoztatni. Ez a megrendelés – úgymond – még olvasmánynak is terjedelmesnek tekinthető. S e terjedelmes olvasmánynak minden részletét összefüggéseiben kell megismernie annak, aki a szervezési tervet készíti.

Ámde a valóságban a statisztikus és a szervező együttműködése nem a megrendeléssel, hanem jóval előbb kezdődik, hiszen már a felvétel cél-

jait szolgáló bizonylatok megszerkesztésekor is tekintettel kell lenni a számítógépes adatfeldolgozás követelményeire.

A megrendelés után megkezdődik a szervezés. A szervező folyamatábrát készít, megállapítja a szükséges programok számát. Eközben figyelembe veszi, hogy melyik program milyen memóriakapacitást igényel, hogyan lehet kombinálni a különböző műveleteket, számítási módokat, mennyi idő szükséges egy-egy program megírásához, kipróbálásához, kezeléséhez stb. A statisztika birodalmában egy-egy átlagos terjedelmű és bonyolultságú program megírása 3-4 napba kerül, az egy programra jutó próbák átlagos száma 7. A próbafutások közötti időtartamok a program hibáinak kijavítására szolgálnak. A különféle programok közül az ellenőrző programok a legbonyolultabbak, mert nemcsak a felvételi bizonylat (kérdőív) adatai közötti belső összefüggésekre, hanem arra is ki kell terjedniük, hogy milyen hibák keletkezhetnek a feldolgozás során, és milyen hibalisták készüljenek róluk, miképpen kell kijavítani őket. Készülnek bizonylat-ellenőrző, szalagjavító, alapadatokat kiíró, mutatókat kiíró, közlési adatokat kiíró programok. Ha valamelyik programba – a próbafuttatások során tapasztalt hibák miatt – új műveletet kell beiktatni, akkor ez nemcsak egy régi sornak új sorral való felcserélését követeli meg, hanem nagyon sok részlet megváltoztatását is maga után vonja: mindazokat a programrészleteket újítani kell, amelyekkel a megváltozott sor logikai vagy más jellegű kapcsolatban áll, de szükségessé teheti az ilyen változtatás a többi programok átalakítását is. Sokszor egy bonyolult program újraolvasása, megértése csaknem annyi időt vesz igénybe, mint egy teljesen új program megírása. Ezért változtatások esetén rendszerint új programot írnak a régi programok toldozása-foldozása helyett.

Az említett háztartás-statisztikai kimutatás elkészítésekor az előkészítő munkálatok az összes felhasznált számítógépidő 50%-ára rúgnak. Ez az arány tulajdonképpen – egyesek szerint – nem tekinthető egyedinek.

A statisztikák számítógépes készítésének igen nagy népgazdasági jelentősége van. A statisztikák ugyanis rendszerint hosszabb idő változásait elemzik, és ezért hosszabb távú döntések alapjául szolgálhatnak. Igen nagy hasznot hajt az, hogy a számítógép többféle bontásban, csoportosításban és kellő időben tudja szolgáltatni az adatokat.

10 | DOKUMENTÁCIÓ, NYOMTATÁS

Az információk szaporodása

A számítógép munkát vállalhat a dokumentáció területén is. Ide éppen időben érkezik az automata. Ha csak a tudományos információk nyilvántartásának a gondját tekintjük, akkor is olyan óriási munkatömeg áll előttünk, amellyel emberi erővel megbirkózni nem lehet, s amellyel jelenleg éppen ezért nem is próbálnak érdemben megbirkózni. Ezt úgy kell értenünk, hogy szerte a világon folyik ugyan dokumentáció, s mind tökéletesebb módszerekkel, de mégsem a követelményeknek megfelelő színvonalon. Különböző becslések látnak napvilágot a tudományos információk „exponenciális ütemben" történő szaporodására vonatkozóan. Kiszámítják, hogy az információk évente 10%-kal gyarapodnak világméretekben, s hogy 15 évenként vagy 10 évenként, sőt még rövidebb időközökben megkétszereződnek, régi információk eközben elavulnak, kihullanak az idő, a felhasználhatóság rostáján.

De hol van annyi dokumentátor, aki lépést tudna tartani ezzel az irdatlan sebességű fejlődéssel? Egyedül a természettudományok és a technika területén százezres nagyságrendű a szakfolyóiratok, és százas nagyságrendű (vagyis több százra rúg) a dokumentációs folyóiratok száma. Évenként százezres nagyságrendű szakkönyv, szakcikk, tanulmány stb. jelenik meg, évenként több százezer kutatási jelentés vándorol irattárakba.

Jelenleg ennek az információs tömegnek a nagy része egyszerűen azért marad porlepte kincs, a feledés homályába rejtve: mert nincs olyan dokumentáció, amelynek a révén életjelt tudna adni magáról, amelynek révén valóban eljuthatna az érdekelt tudósokhoz. Emiatt kutatások folynak olyan ismeretek felfedezésére, amelyeket már felfedeztek, sőt párhuzamos kutatások folynak teljesen azonos céllal anélkül, hogy egymásról tudomást vennének. Nagyon sok szakirodalmi becslés szerint ma egy százezer dollárt igénylő kutatás lefolytatása olcsóbb, mint annak kiderítése: vajon e kutatás célját – valahol a nagyvilágon – elérték-e már.

Ma már egyetlen szaktudóstól sem lehet elvárni azt, hogy akár csak saját szűkebb kutatási területén is figyelemmel kísérje az irodalmat a

maga teljességében. Még kevésbé remélhetjük, hogy a kutatók más tudományterületek olyan felfedezéseire is kiterjeszthetik a figyelmüket, amelyek termékenyítően hathatnának saját munkájukra. Ez különösen azoknak az új tudományoknak a fejlődésére káros, amelyek régebbi tudományok határterületein alakultak ki, de tulajdonképpen kárt okoz a tudomány egészének is. A dokumentumok, tények, eredmények megfelelő prezentációja terén csak az automata-dokumentátortól, az elektronikus számítógéptől remélhetünk kedvező változást.

Kulcsszavak olvastatása

Ahhoz, hogy az automata-dokumentátor működni tudjon, bizonyos igényeit teljesíteni kell. Azt, amit dokumentálnia kell, olyan alakban kell közölni vele, amelyet a számítógép fel tud fogni, meg tud érteni, és a számítógépnek olyan programmal kell rendelkeznie, amelynek alapján dokumentálni tud, vagyis tárolni tudja a dokumentálandó adatokat, és vissza is tudja keresni őket. E területen folyamatos a haladás.

A legkényelmesebb megoldás természetesen az lenne, ha a gépet megtanítanánk arra, hogy ugyanúgy olvassa el a dokumentumokat, mint az ember, ugyanúgy állapítsa meg a dokumentálás szempontjait, és ezt követően automatikusan végezze is el a dokumentációt. A fejlődés kétségtelenül ebbe az irányba tart, de egyelőre csak viszonylag szerény lépésekben. Mindenesetre, azt már lehetővé tették, hogy a számítógép optikai jelolvasói segítségével kézírással kitöltött bizonylatokat is olvasni tudjon. Az ún. jelölésolvasó berendezések képesek formanyomtatványra felvitt jelöléseket elolvasni. Az optikai jelolvasók nemcsak ilyen jelöléseket, hanem kézzel vagy géppel írt betűket, számjegyeket, írásjeleket is befogadnak. Ez esetben nincs szükség formanyomtatványra sem. Ám bizonyos szabványkövetelményeket be kell tartani, nemcsak a betű nagysága és formája tekintetében, hanem a bizonylat beosztásáében is: a bizonylatolvasó ugyanis aszerint értelmezi a betűket, a számokat stb., hogy az elolvasott bizonylat melyik részén, milyen pozícióiban találja meg azokat. Ha az ilyen optikai olvasóberendezés olyan jellel találkozik, amelyet nem tud felismerni, amelyet a memóriájában tárolt jelkészlet egyik jelével sem tud azonosítani, akkor esetleg a display képernyőjén közli a tényt, és ilyenkor az operátor a billentyűzet segítségével eligazítást adhat a gépnek. Az optikai jelolvasók nemcsak vízszintes, hanem függőleges sorok-

ban írt jeleket is el tudnak olvasni. Ez lehetővé teszi, hogy az ember egy gépelt papírlapra különböző szavakat írjon fel mint a dokumentáció kulcsszavait, „kódszavait", és a gép, miután felfogta azokat, a továbbiakban ezen az alapon működjék. Az ilyen optikai jelolvasók alkalmazhatók pl. bankok adminisztrációjában és sok más területen is, de a dokumentációban is jól használhatók.

Más berendezések – amelyekről fentebb az optikai információ feldolgozásával kapcsolatban írtunk – azt teszik lehetővé, hogy a gép szövegeket olvasson el, és szavakat azonosítson bennük. Ennek alapján a gép megállapíthatja, hogy a szövegnek melyek a leggyakoribb szavai, és ezeket automatikusan elfogadhatja a dokumentáció kulcsszavaiként, kódszavaiként.

Megemlítettük, hogy megtanítják a számítógépeket hangelemek felismerésére is. A gépben hangkép-szótárakat helyeznek el, és amikor a hanglemezeknek megfelelő elektromosimpulzus-sorozatok megérkeznek, a gép összeveti ezeket az impulzussorozatokat a mintákkal. Ilyen módon a gép „elektronikus beszéd"-et produkál, hiszen elegendő a megfelelő impulzussorozatokat generálni, hogy kibocsássa a mintáknak megfelelő hangokat, pl. magnetofonszalagokat vezérelve. Ha szöveget olvastatunk el a géppel, akkor ezen a módon fel is olvashatja nekünk. Az ilyen berendezések egyelőre kísérleti jellegűek, hiszen az elektronikus számítógép mint felolvasó, mint „társalkodónő" meglehetősen drága alkalmazott lenne. Bennünket itt közelebbről tulajdonképpen egyetlen dolog érdekel: a számítógép képessége a hangok felismerésére. Ez a képesség elvileg lehetővé teszi, hogy az ember élőszóban közölje vele azokat a kulcsszavakat, kódszavakat, amelyek alapján a dokumentációt el kell végeznie.

De ne szaladjunk ennyire a jövőbe. Maradjunk meg a számítógépes dokumentáció azon lehetőségeinél, amelyeket már ma is, ténylegesen is kihasználnak. Jelenleg a számítógép számára ember választja ki a dokumentáció kulcsszavait, kódszavait, az ún. deszkriptorokat. Ezek rendszerint nem „csinált", nem mesterséges szavak, hanem a természetes nyelv szavai, ezekből a deszkriptorokból áll össze a dokumentáció szókincse, a tezaurusz. A tezaurusz szavai jelen vannak a számítógép táraiban. Fel tudja ismerni azokat, osztályozni, dokumentálni tud ezek alapján. Mi történik abban az esetben, ha a szöveg olyan szavakat tartalmaz, amelyek nincsenek benne a tezauruszban? Ilyenkor a kiválasztott tárgyszavakat összehasonlítják a tezaurusz szójegyzékével, és ez utóbbiban kikeresik azokat a deszkriptorokat, amelyek a tárgyszavakhoz jelentés

tekintetében a legközelebb állanak. A deszkriptorok között különböző kapcsolatokat – struktúrát – is megállapítanak. Ilyen kapcsolat lehet az, hogy az egyik deszkriptor megjelenése mintegy előhívja a másikat (a hozzá képest specifikus deszkriptort), hogy az egyik deszkriptor egészként magában foglalja a másikat mint részdeszkriptort, hogy az egyik deszkriptor valaminő logikai vagy más kapcsolatban áll a másikkal.

Ha a tezaurusz a maga kellő rendezettségében készen áll, és bevisszük a gépbe a dokumentáció programját is, a gép ellátja a dokumentumok adatai tárolásának a feladatát, és szükség esetén vissza is keresi a tárolt adatokat, a vele közölt szempontoknak megfelelően csoportosítva, aggregálva azokat. Lényegében véve az adatbank sajátos válfaja valósul meg az ilyen „olvasó" dokumentáló számítógéppel.

Gépesített dokumentumtárak

Hazánkban is már több helyen alkalmaznak számítógépet dokumentációs teendők ellátására. Ez történik pl. a veszprémi Vegyipari Egyetemen létrehozott kémiai adatbankban. A KGM gépesített információs tára (GÉPINFORM) mikrofilmes lyukkártyákon rögzíti a tárcához tartozó vállalatok, kutató- és fejlesztőintézetek kutatásairól, kísérleteiről, gyártmányairól, műszaki tervezési intézkedéseiről, a külföldi tanulmányutak eredményeiről szóló adatokat.

Számítógépes dokumentáció valósul meg sok rádió-, televízió- és újságszerkesztőségben is. Korábban az Egyesült Államokban, Kanadában és Japánban alkalmaztak számítógépeket a híranyagok, illetve a beérkező levelek, kérdések, megjegyzések stb. dokumentációs tárolására, de jelenleg már nagyon sok európai rádió- és televízióállomás is ezt teszi. A francia és az olasz rádiótársaság, a Radio Televison Française, illetve a RAI, ebből a célból IBM-számítógéprendszert alkalmaz. Ugyanez történik az NSZK tartományi rádió-, illetve televízió-állomásain is. Nagy távirati irodák, szerkesztőségek is rátértek e rendszerre. Nagy tudományos kutató központokban egyidejűleg folyik a dokumentáció számítógépesítése és a dokumentáció számítógépesítésének a kutatása is. Ez történik pl. a francia CNR központjában is. Düsseldorfban, a tudományegyetem intézetében 1971 óta egy IBM–1800-as számítógép áll kizárólag a filozófiai irodalom bibliográfiai adatai dokumentációjának a szolgálatában. A XVIII.

század – a felvilágosodás kora – óta megjelent összes jelentősebb tudományos folyóiratok filozófiai cikkeinek címeit, illetve szerzőik neveit tárolják itt.

Fényszedés

A számítógép bevonul a nyomdaiparba is. A legújabb szedőgép a fényszedőgép –, s ennek vezérlésére számítógépet is igénybe lehet venni.

Ha a szedést nem a hagyományos módon végzik el, hanem fényszedőgépre bízzák, akkor olyan írógépet használnak, amely a szöveg kinyomtatásával együtt lyukszalagot is előállít, vagy pedig egy kész gépelt kéziratról készítenek lyukszalagot. Ez a lyukszalag kerül be azután a fényszedőgépbe. A lyukszalag mindent tartalmaz. A szöveg alfanumerikus jeleit – a betűket, a számokat, az írásjeleket –, de ezen túlmenően a szedési utasításokat is: milyen betűtípussal kell kinyomtatni a betűket, a számokat, hány alfanumerikus jelet tartalmazhat egy-egy sor, hol kell új bekezdést, címet, alcímet alkalmazni stb.

A lyukszalag készülhet olyan berendezésen is, amely már eleve a fényszedés szempontjait veszi figyelembe: ún. perforátoron. Ez a sorkizárás műveletét – vagyis azt a műveletet, amely a betűk számát összeegyezteti a sor hosszúságával – automatikusan végzi el. A billentyűző gépkezelőnek vizuális jelek adják tudtul: hány üres betűhely van még a sorban. Amikor már csak kevés üres pozíció áll rendelkezésre, akkor a gépkezelő utasítja a gépet, hogy növelje meg a szóközöket, végezze el automatikusan a sorkizárást.

Számítógép is vezérelheti a perforátort. Ebben az esetben a gépkezelőnek nem kell törődnie mással, mint a szöveg billentyűzésével. Arra sem kell utasítást adnia, hogy a perforátor végezze el automatikusan a sorkizárást: a számítógép megteszi ezt helyette. A számítógép megszabja a sorok hosszát (természetesen a kapott utasításnak megfelelően), automatikusan sort vált, elválaszt stb.

De a perforátor használata sem kötelező. A legépelt szöveg elolvasására optikai olvasókészülékeket is alkalmazhatnak. Ebben az esetben az optikai olvasóberendezés a szokásos módon letapogatja a szöveget, impulzussorozat alakjában a számítógépbe küldi, s a gép vezérli a lyukszalag elkészítését.

Ha a lyukszalag – így vagy úgy, perforátorral vagy anélkül, számító-

gép segítségével vagy más úton – elkészül, akkor magára a „szedés”-re kerül sor. Ez az eljárás semmiben sem hasonlít a hagyományos, az igazi szedésre. Szedés helyett fényképeznek. Egy kör alakú tárcsa kerülete mentén átlátszó lemezeken (matrica) sorakoznak a betűk, a számok, az írásjelek stb. alakjai. Miután a számítógépbe betáplálják a szöveg jeleit tartalmazó lyukszalagot, a számítógép annak alapján vezérli e tárcsa elmozdulásait. Mindig úgy forgatja el a tárcsát, hogy az az „ablak” kerüljön a „tett színhelyére”, amely éppen a soron következő betűt, számot, írásjelet stb. tartalmazza. S mi itt a „tett színhelye”? Ez: a fényképezés helye. Az ablak előtt film vagy papírszalag egy pozíciója áll: erre fényképezik rá az ablakban látható betűt vagy jelet. Egy lámpa felvillan, és a film vagy papírszalag fényérzékeny anyagára fényképezi a számot, a betűt, az írásjelet stb. A következő pillanatban a számítógép a következő ablakot állítja a „tett színhelyére”. Ezzel egyidejűleg egy tükörrendszer éppen olyan távolsággal mozdítja el a sugárnyalábot, amely a lámpából kiindulva az ablakon áthaladva a fényérzékeny anyagra esik, hogy az már a következő pozícióba rögzítődjék. Így forog minden pillanatban a tárcsa, és így mozdul el minden pillanatban a fényképező sugárnyaláb. Ennek eredményeként a szöveg jelei a megfelelő rendben kerülnek egymás mellé a fényképen. Ez az előhívott fénykép: a „szedés”. Ebből a szedésből egyszerű montírozó eljárással lehet – a szükséges fényképekkel, ábrákkal stb. együtt – oldalakat formálni. Ez a montírozás felel meg a hagyományos nyomdai „tördelés”-nek.

Más rendszerű fényszedőgépekben a memóriában tárolják a betűk, a számok, az írásjelek stb. képeit, helyesebben mondva a karakterek „pontelemei”-t. Az ilyen fényszedőgép a számítógép vezérlőimpulzusai alapján ugyanolyan módon vetíti a betűk képeit a papír vagy a film fényérzékeny anyagára, mint ahogy a televíziókészülékben vagy a katódsugárcsöves megjelenítőben, a displayben történik.

A lyukszalag készítésének sebessége és a fényszedés sebessége között igen nagy a különbség. Egy ember 10 000, 12 000 betűjelet billentyűzhet óránként lyukszalagra. Ezzel szemben a fényszedéssel százezer vagy millió – illetve hasonló nagyságrendű – jelet rögzíthetnek ugyanennyi idő alatt. Kisebb a különbség optikai jelolvasó berendezés alkalmazása esetén. A gyakorlatban rendszerint mintegy tízszer annyi operátort alkalmaznak a perforátorok billentyűzésére, mint ahány fényszedőgépet kell lyukszalaggal ellátni. Az ilyen fényszedőgépet táv-adatfeldolgozás keretében távolból is működtethetik. Így meg lehet őrizni egy újság szerkesz-

tőségének és a nyomdának a „függetlenség”-ét. Ez történik pl. a „Los Angeles Times” kiadóvállalatánál. Itt két IBM–360/30 számítógép memóriájába táplálják be a szedés vezérléséhez szükséges összes utasításokat: az oldalankénti sorszámokra, a hasábok számára, a sorok hosszára, a címekre, a betűtípusokra stb. vonatkozóan. Magában a szerkesztőségben terminálokról lehet igényelni a szedőgép munkáját. Rendszerint csak az egyik számítógép áll magának a szedésnek a szolgálatában, ez is elégséges (a másikkal a kiadóvállalat üzleti adatfeldolgozását végeztetik el). Ha egy kézirat elkészül, a terminálról a fényszedőgépre küldhető.

Több fényszedő-központ valósult meg Európában is. Ezek rendszerint egyedi megrendeléseket teljesítve, bérmunkában állítják elő magát a fényszedést, montírozzák az oldalakat, és ezeket a kész „tördelt” oldalakat adják át nyomdáknak, amelyek magát a nyomást végzik el. Így pl. az osztrák Deutsch-Wagram-i Filmsatzzentrumban Linofilm-Super Quick gépeken készülnek a szövegek fényképei. A fényszedőgépek különböző „betűkerete”-in különböző betűkészletek helyezkednek el, a betűtípusok bizonyos határok között keverhetők. A géphez táblakészítő berendezés: „Tab Matic” is tartozik, s táblázatok, képletek készítésénél hasznosítható. Ez a központ különböző nyomdáknak szállít kész nyomólemezeket.

Magyarországon az Athenaeum Nyomdában Monophoto Mark szedőgépek dolgoznak. Ezek olyan elv alapján működnek, amely valahol félúton van a hagyományos, monó (monotype) gépek és a fényszedőgépek között. Kecskeméten a Petőfi Nyomdában Monophoto–600-as szedőgép működik. Ezt az angol Monotype cég dolgozta ki, és a brüsszeli Degrève és Wanders nyomdában és több más európai nyomdában felállított berendezésekkel azonos. Más világrészeken üzemelő nyomdákban is használják e gépet. A berendezés perforátoros, vagyis lyukszalagos, és levilágító egysége van, ez végzi a szöveg fényképezését. A perforátor ellenőrző polcos. E polc vizuális jelzéssel tájékoztatja a perforátor kezelőjét arról, hogy pillanatnyilag hol tart a billentyűzésben. Beállíthatják rajta a szóközök nagyságát, ha szükséges (sorkizárás céljából) a betűk ritkítását stb. A levilágító egység filmre vagy fotopapírra fényképezi a jeleket. A gép maximális teljesítménye óránként 216 000 alfanumerikus jel fényképezése. Ezt azonban a gyakorlatban nem sikerül elérni. A fényképezett jelek száma így is több 100 000-nél, eléri a 150 000-et is óránként. Külön gond, hogy miképpen tanítsák meg e rendszert – a rendszert vezérlő célszámítógépet – a magyar helyesírásnak megfelelő szóelválasztásra. A lyukszalag esetleges javítása is a számítógép segítségével történik.

11 | MŰSZAKI TERVEZÉS

Interaktív eljárás

A számítógép a műszaki tervezés szolgálatába is állítható. Ilyenkor a munka rendszerint ún. interaktív tervezés keretében folyik. A tervező egy terminál útján táplál be adatokat a tőle távol levő számítógépbe (táv-adatfeldolgozás), és számításainak eredményeit a számítógép ugyanerre a terminálra küldi vissza. A számítógépben ilyenkor egyrészt olyan program működik, amely a táv-adatfeldolgozást, vagyis a terminál és a számítógép közötti információforgalmat biztosítja (monitor program), másrészt olyan program, amely a sajátos tervezési feladat közvetlen szolgálatában áll. A mérnök, a műszaki rajzoló, a formatervező stb. a terminálon át összeköttetést kér a számítógéppel, kéri azoknak a programoknak a leszólítását, amelyekre szüksége lesz. Amikor a számítógép jelzi, hogy e kívánságoknak eleget tett, és szolgálatra készen áll, elkezdődik a munka. A tervező közli azokat az alapadatokat, amelyek alapján a gépnek ki kell számítania a tervadatokat. A gép a terminálon – a konzolírógépen, a display képernyőjén stb. – közli a kiszámított tervadatokat. Ha ezek nem egyeznek a tervező eredeti elképzeléseivel, vagy nem felelnek meg a szükségleteknek, a tervező új számításokat kér a számítógéptől. A tervező kérheti valamely részlet új módon történő kidolgozását is stb.

Ha a tervező rendelkezésére álló terminál grafikus megjelenítő, akkor ezen fénytoll segítségével folyamatábrát, blokkvázlatot, tervrajzot lehet készíteni. A számítógép (erről korábban már szóltunk) automatikusan pontosítja az ábrát. Az ember ügyetlen: esetleg egyenest akar rajzolni, de a keze nyomán a fénytoll olyan vonalat visz fel a képernyőre, amely csak némileg hasonlít az egyenesre; esetleg téglalapot akar ábrázolni, de az, amit a valóságban fel tud rajzolni, csak kellő jóindulattal feleltethető meg a mértani követelményeknek. Nos, a számítógépben megvan az ehhez szükséges „jóindulat", a programja tartalmazza ezt. A számítógép azoknak a pontoknak a statisztikai eloszlásából, amelyek megjelennek a képernyőn, kiszámítja, hogy az ember valójában egyenest, téglalapot akart előállítani, és valóban egyenest, téglalapot állít is elő.

Emellett a számítógép az elképzelhető legnagyobb kényelmet biztosítja a tervrajz elkészítésében. Az ábrában pl. szerepel egy síkidom. Az ember – aki nagy keservesen – előállította ezt a síkidomot, meg akarja jeleníteni azt a képernyő más helyén is, mert ott is szükség van rá. Elegendő a fénytollal rámutatnia, azután arra a pozícióra rámutatni, ahová a síkidomot szállíttatni kívánja, s elegendő megadni a display billentyűzetén át a szállításra vonatkozó utasítást. A síkidom megjelenik a megjelölt helyen is. Az idomok ugyanilyen módszerekkel kicsinyíthetők, nagyíthatók stb. Az ábra részletei törölhetők, új részletekkel helyettesíthetők. A megjelenítőt utasítani lehet, hogy különböző számításokat végezzen el az egyes részletekre vonatkozóan, és azután nyomtassa ki őket: megteszi.

Ilyen módon az interaktív tervezés során hol az ember rajzol, végez számításokat, hol a számítógép rajzol, végez számításokat az ember utasítására, hogy azután megint az ember vegye kezébe a dolgot, majd megint a számítógépre hárítsa az aprómunkát, a nehezét stb. Innen a név: interaktív – azaz együttműködő tervezés.

Rajzgép

Az ilyen számítógépes tervezést sokszor rajzgépek (plotterek) szolgálják. Ezek lyukszalagos, mágnesszalagos vezérlés stb. vagy a számítógép közvetlen vezérlése alapján előállítják a tervnek megfelelő rajzokat. Ezek is működtethetők táv-adatfeldolgozás keretében. Magyarországon az MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutató Intézetében (SZTAKI) számítógép és rajzgép segítségét igénybe vevő rendszert fejlesztettek ki nyomtatott áramkörök, általában digitális berendezések tervezésére. A rajzgép, amely a rendszer alkotóeleme: az ADMAP–2. Ez nemcsak rajzgép, nem egyszerű rajzolókészülék, nemcsak a nyomtatott áramkör rajzát készíti el, hanem a gyártáshoz szükséges fúrásokat is. A számítógép kiszámítja pl. az áramköri lapok vezetékeinek legjobb elrendezését. Erre támaszkodva vezérlőszalag készül. Ez a vezérlőszalag vezérli az ADMAP –2-t. A rajzgép felrajzolja a vezetékrendszert – esetleg maratásálló festékkel közvetlenül a folirozott lapra –, és ott, ahol szükséges, a furatokat is elkészíti ezen a lapon. Rajzolási sebessége percenként 40 centiméter, percenként 25 furat készítésére képes. Ez a rendszer minimálisra csökkenti a közvetlen emberi munkát, az emberi beavatkozást attól kezdve, hogy a logikai séma matematikai leírása elkészült, egészen addig, amíg a kész,

bemért, szerelt áramkörű lap elő nem állt. A program, amely a berendezés működésének az alapja: ún. posztprocesszor-program. (Olyan program, amelynek segítségével a számítógép számjegyes szerszámgép vezérlési programja egy szerszámgéphez illeszthető.) Ez a posztprocesszor-program a megadott alapadatok alapján elkészíti a vezetékrendszer optimális tervét, és előállítja az ennek megfelelő vezérlő-lyukszalagot. Ez a program MINSZK, RAZDAN számítógépeken és minden olyan gépen felhasználható, amelyek FORTRAN fordítóprogrammal és megfelelő memóriakapacitással rendelkeznek. Az ADMAP–2 tasztatúráján egy botkormány található. Ennek segítségével geometriai úton is közölni lehet valamely ábrát, és ki is lehet javítani: ha végigkövetjük vele a rajz vonalait, akkor a berendezés automatikusan elkészíti az ennek megfelelő lyukszalagot, a lyukszalag vezérlése alapján elkészülhet a rajz, és javítható is hasonló módon.

Digitális berendezések tervezéséhez egész programcsomag áll rendelkezésre a SZTAKI-ban. Elegendő valamely digitális berendezés logikai kapcsolási rajzát elkészíteni és megadni gyártástechnológiai adatait. Ezután elő kell venni a programcsomagból a megfelelő programot: a számítógép elkészíti az optimális tervet. Ilyen programcsomag segítségével el lehet készíttetni pl. bonyolult digitális berendezések keretkábelezését. Ehhez meg kell adni, milyen összeköttetések szükségesek. A programcsomag automatikusan kiszámítja a vezetékek optimális méreteit, a szükséges vezetékhosszakat. A programcsomag segítségével elő lehet állítani ún. wire wrap kábelező berendezések vezérlőszalagjait is.

Alkatrészek formatervei is kialakíthatók interaktív rendszerrel. Így készülhetnek hengerfejek, telefontárcsák, motorkocsitestek stb. formatervei, háromdimenziós kivitelben, kettős görbületű elemeket stb. tartalmazva. A tervező számára elegendő egy logarléc és egy rajzasztal, no és természetesen egy olyan terminál, amely a számítógéppel érintkezik. Háromdimenziós kivitel esetén: minden vetület – sík számára külön rajz készül el. Elegendő a vonalakat nagyjából megadni: a számítógép interpolációs számítások segítségével teljessé teszi azokat.

Magyarországon a számítógépes tervezés – ennek keretében a táv-adatfeldolgozást is hasznosító interaktív tervezés – terjed, és számos eredményt mutat fel. A számítógép munkája ma már beépül útjainkba, aluljáróinkba, épületeinkbe, műszaki berendezéseinkbe. Hogy néhány példát említsünk: a Blaha Lujza téri aluljáró födémszerkezetének statikai számításait számítógép segítségével készítették el az Építőipari és Közleke-

désügyi Műszaki Egyetem Mechanikai Tanszékének munkatársai. A Számítástechnikai Koordinációs Intézet programot dolgozott ki hálózati és illesztő transzformátorok méretezésére, hőcserélők méretezésére, kihorgonyzott szádfal méretezésére, síkbeli rúdszerkezetek számítására, vasbeton keresztmetszet méretezésére. Ha pl. síkbeli rúdszerkezetek számításáról van szó, és táv-adatfeldolgozási üzemmódot alkalmaznak, akkor a program megadott oldalhosszakból kiszámíthatja a keresztmetszet területét és hajlítási inerciáját, ha pedig a keresztmetszet területét és hajlítási inerciáját adják meg, akkor ezeknek megfelelően a rúdszerkezet többi adatát szolgáltatja.

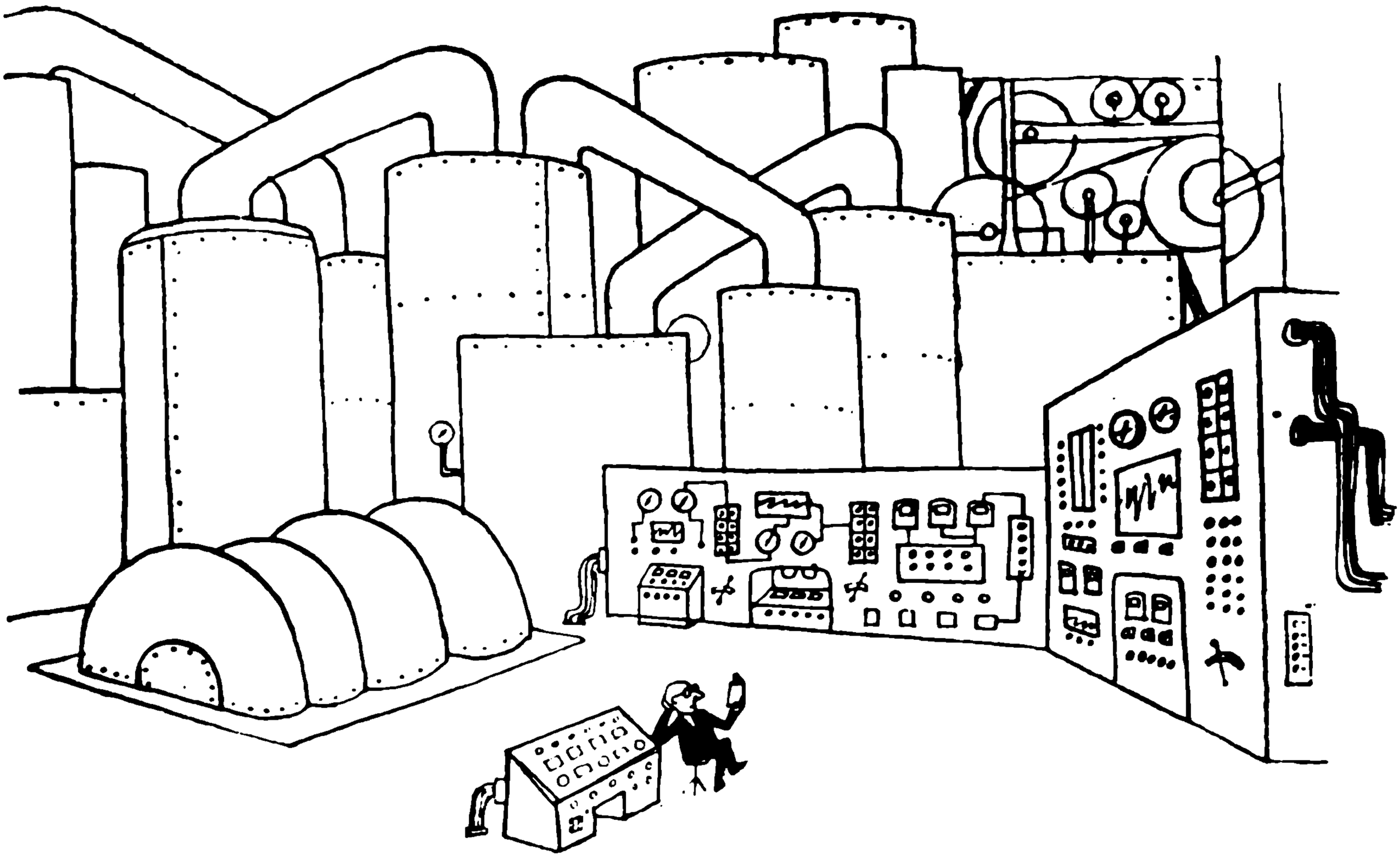
12 | AZ ÜZEMBEN

Számjegyes vezérlés

A számítógép igénybe vehető az üzemben, a termelési folyamatban. Hogy a termelés irányítására szolgáló adatokat szolgáltathat, azt már láttuk. De vezérelheti a termelőüzem gépeinek a működését is. Ez kétféle módon oldható meg. Az egyik esetben a számítógép beállítási értékeket számol ki, tehát mintegy tanácsokat ad az üzemvezetőnek, a szakmunkásnak: a tanácsokat vagy megfogadják, vagy sem, és ha megfogadják, akkor a beállítást, a beavatkozást az ember végzi el. Ez közvetett vezérlés, a „vonalon kívül" történő (off-line) vezérlés. Másik esetben a számítógép közvetlenül vezérli a gépeket: olyan áramimpulzusokat küld ki, amelyek közvetlenül működtetik az effektorszerveket, a meghajtó motorokat. Ekkor közvetlen vonal létesül a számítógép és a vezérelt berendezés között: on-line vezérlés. Off-line vezérlésnek, de on-line vezérlésnek is tekinthetjük azt a közbülső esetet, amikor a vezérléshez szükséges lyukszalagot, mágnesszalagot stb. állítja elő a számítógép. Ezt akár azonnal, akár későbbi időpontban használhatják fel vezérlésre.

Amennyiben a számítógép gépeket – pl. szerszámgépeket – vezérel: ún. NC-technikáról (*N*umerical *C*ontrol technikáról), számjegyes vezérlési technikáról beszélünk. Ez az elnevezés abból fakad, hogy a számítógép digitális jeleket – mintegy „számjegy"-eket – állít elő, és ezek segítségével közli a vezérlésre (illetve a szerszámgép működésére) vonatkozó utasításait. Az NC-technika jelenleg az egyes gépek automatizálásában a legmagasabb színvonalat képviseli.

Az NC-szerszámgép mellett valamilyen vezérlőberendezés áll. Ha a számítógép már korábban elkészítette a vezérléshez szükséges szalagot, akkor ezt csak be kell fűzni ebbe a vezérlőberendezésbe. A szalag mindent tartalmaz, ami a munkadarab előállításához szükséges: a fordulatszámokat, az előtolási sebességet, az elmozdulási távolságokat stb. A vezérlőberendezés elolvassa ezeket az utasításokat, és automatikusan kiegészíti őket, ezek alapján vezérlőimpulzusokat küld ki a szerszámgépnek, amely azokat végrehajtva működik. A vezérlőberendezés pont-, szakasz- és



pályavezérlést valósíthat meg. Pontvezérlés esetén a vezérlőberendezés a szerszámot a megfelelő helyzetekbe viszi. Helyzetváltoztatás közben nem történik megmunkálás. Ez zajlik le pl. ponthegesztés esetén. Szakaszvezérlés esetén a munkadarab vagy a szerszám egy koordináta-rendszer egymásra merőleges tengelyei mentén végezhet elmozdulásokat: a szerszám elmozdulás közben is végzi a megmunkálást. Amennyiben mindkét tengely mentén egyszerre történik elmozdulás, akkor „ferde" elmozdulási pálya is megvalósulhat. Pályavezérlés esetén nemcsak egyenes, hanem görbe pálya mentén is mozoghat a munkadarab, illetve a szerszám. Ténylegesen azonban csak egyenes szakaszok vagy körív szakaszok mentén történik elmozdulás. Ha más alakú görbékkel kell a pálya számára görbét megrajzolni, akkor ugyancsak egyenes és körív szakaszokat alkalmaznak, és ezekből rakják össze – közelítik meg a lehetséges pontossággal – a kívánt idomot. Ilyen pályavezérlést alkalmaznak pl. az esztergákon és a marógépeken.

A vezérlőberendezésnek van olvasóegysége. Ebbe táplálják be a lyukszalagot. Amennyiben a vezérlőprogramot nem lyukszalagra, hanem mágnesszalagra vitték, akkor a vezérlőberendezést is mágnesszalag-olvasóegységgel kell ellátni. A vezérlőberendezés sorban hajtja végre a szalag utasításait, automatikusan kiegészítve azokat a saját rögzített hardware-programjának megfelelően. Sorra küldi ki azokat az elektromos impul-

zusokat, amelyek a vezérelt gép motorjait, kapcsolóit, szelepeit működtetik, és sorra kapja vissza a jelentéseket arra vonatkozóan, vajon a végrehajtó szervek teljesítették-e az utasításait vagy sem. Csak akkor tér rá a következő utasítás végrehajtására, ha a visszacsatolt információ alapján meggyőződik arról, hogy az előző utasítását már végrehajtották. Ha a visszacsatolt információ nem nyugtatja meg, akkor bizony nem megy tovább, hanem gondoskodik az utasítás maradéktalan végrehajtásáról. A valóságos elmozdulást mérőberendezés állapítja meg, a vezérlőberendezés megvizsgálja a mérőberendezés jelentését, és megállapítja, vajon a valóságos elmozdulás megfelelt-e a szükséges elmozdulásnak. Ha nem, a hiba korrigálására megfelelő új vezérlőimpulzus-sorozatot generál. Az ún. léptető motoros rendszerekben megtakarítják a visszajelzést meg a hibajavítást: ez esetben precíziós szerkezet mozgatja a motort, és minthogy egy-egy utasítás pontosan meghatározott szögben mozdítja el a motor tengelyét, az is pontosan a megfelelő módon mozdítja el a vele összeköttetésben álló alkatrészt. Itt tehát a vezérlőberendezés mintegy „biztos lehet a dolgában".

A számjegy vezérlésű szerszámgépekkel a milliméter század-, sokszor ezredrészének megfelelő pontosságot lehet elérni a gyártásban. A lyukszalag vagy a mágnesszalag cseréje nagyon gyorsan végrehajtható. A gyártás mindannyiszor azonos pontossággal ismételhető meg: hiszen a lyukszalag vagy a mágnesszalag változatlanul őrzi meg a „mintát".

A Csepeli Szerszámgépgyárban számjegyes vezérlésű mintaüzem létesült. Itt részben külföldi, részben hazai eredetű NC-gépeket üzemeltetnek. Ilyen pl. a csepeli – hazai gyártású – ERS–200 rövideszterga. Ezzel minimális állásidővel maximális forgácsoló gépi főidő érhető el. Optimális megmunkálási gazdaságosságot biztosít. Különböző gyártmányú (GRUNDIG, VILATI, AEG, SIEMENS, MASING, FERRANTI stb.) vezérlőberendezések csatlakoztathatók hozzá. Tulajdonképpen egész gépcsaládról van ez esetben szó. Ilyen továbbá az ugyancsak gépcsaládnak számító, hazai gyártású MFS–320 függőleges marógép. Ehhez is különböző típusú (EMI, VILATI, GRUNDIG stb.) vezérlőberendezések csatlakoztathatók. Kialakításakor kis szériák megmunkálását vették figyelembe. Szakaszvezérlésű, a vezérelt koordináták száma: 3.

Magyarországon, máshol is foglalkoznak NC-szerszámgépek fejlesztésével, így pl. a Szerszámgépipari Művekben.

Ugyancsak hazánkban született meg a Villamos Automatika Intézet fejlesztésében az UNIMERIC folyamatvezérlő berendezés, ezzel szerszám-

gépek numerikus vezérlését végezhetik. Azt már említettük, hogy a csepeli gyártású szerszámgépekhez csatlakoztatható. Illeszthető azonban más szerszámgépekhez is. Megvalósítható vele pont-, szakasz- és pályavezérlés. A műveletfajtákat – a programjában – betűkkel és számokkal kell megjelölni. A program ezek kombinációiból áll. Az elmozdulás méreteit kétféleképpen lehet megadni. „Lánc-kótázás" esetén abszolút értékkel – pl. milliméterekben – kell megjelölni az elmozdulás hosszát. Koordináta-kótázás esetén azt a pontot kell megjelölni, ahová az elmozduló részletnek el kell jutnia.

A vezérlőberendezés programjában sohasem kell mást figyelembe venni, mint a megmunkálandó munkadarab körvonalait. Ezek ismeretében a vezérlőberendezés maga automatikusan végrehajtja azokat az igazításokat, amelyeket a szerszámkopás stb. szükségessé tesz. A vezérlőberendezés a mozgó géprészek sebességét ugyancsak automatikusan csökkenti abból a célból, hogy a megállás a megadott állomáshelyen a kívánt pontossággal történjék. Ezt szakaszvezérlés esetén „számláló" segítségével oldják meg. A gép elemi mozgásszakaszonként – pl. ezredmilliméterenként – kap jeleket, parancsokat az elmozdulásra. A „számláló" figyelemmel kíséri a mozgásszakaszok számát és azt, hogy hány mozgásszakasz van még hátra a kijelölt állomás (a nulla pont) eléréséig. Amikor már csak rövid útszakasz van hátra, a számláló jelez, ettől kezdve az asztal „kúszósebesség"-gel mozog tovább, másodpercenként 3–5 millimétert vagy még kevesebbet haladva. Ennek eredményeként tehetetlensége is csökken, és a kellő pontossággal áll meg. Amikor a számlálóban az érték nullára száll le, akkor küldi ki a „stop" jelet, a megállítójelet. Ekkor a tárolóból új mozgássorozat végrehajtására vonatkozó utasítás jelsorozatának első jele szalad ki. Bizonyos vezérlőberendezésekben ún. reverzibilis számlálót is alkalmaznak. A megállás után ugyanis lengés állhat elő, az asztal túlszaladhat a 0 ponton, majd visszamehet stb. Ha ez a lengés meghaladja az egységnyi elmozdulásokat, akkor a reverzibilis számláló mindkét irányban számlálja azokat, ez megakadályozza az esetleges illegális jel kifutását, és biztonságot ad.

Az NC-szerszámgépek vezérlőberendezésébe célszámítógép építhető be, ebben az esetben a programozásra kevesebb hárul, az automata többet vállal magára, s maga a vezérlés tökéletesebbé válik. Végül az NC-szerszámgépek közvetlenül is vezérelhetők számítógéppel: a számítógép ebben az esetben nem programszalagot állít elő a vezérlőberendezés információkkal történő ellátására, hanem programja alapján olyan áramim-

pulzusokat küld ki, amelyek közvetlenül működtetik a szerszámgép különböző elmozdító motorjait. A számítógép egyszerre nemcsak egy, hanem több szerszámgépet is vezérelhet. Ez természetesen magának az NC-technikának a legmagasabb szintje.

Mérési adatgyűjtők

Egész műhelyek, nagy termelőberendezések, egész gyárak off-line vezérlése esetén rendszeres időközökben össze kell gyűjteni az üzem állapotaira vonatkozó mérési adatokat, hogy ezek feldolgozása alapján beállítási értékeket számíthasson ki a számítógép. Erre a célra az üzemi sajátosságoknak megfelelő különböző mérőberendezéseket és mérési adatgyűjtőket alkalmazzák. A mérőberendezések rendszerint analóg üzemmódban érzékelik a mennyiségeket. A hőmérsékletet, az áramlási sebességet, a folyadékáram sűrűségét, az elektromos áram intenzitását vagy feszültségét stb. tapogatják le, és a mért mennyiség nagyságával arányos, vagyis analóg jel képződik bennük. Maga a számítógép azonban digitális jellegű jelek – diszkrét áramimpulzusok – befogadására és feldolgozására szolgál. Ezért a mérő analóg jeleit át kell alakítani digitális jelekké. Ez elvileg valahol a mérő és az adatgyűjtő berendezés között történhet meg: ekkor az adatgyűjtőbe már digitális jelek futnak be; de elvileg ez az átalakítás magában az adatgyűjtőben is lefolyhat.

Magyarországon mérőket, mérési adatgyűjtő berendezéseket is kifejlesztettek. Ilyen pl. a Budapesti Műszaki Egyetem Folyamatszabályozási Tanszékén kialakított digitális adatgyűjtő berendezés. Ez olyan mérési adatokat fogad be, melyeket előzetesen elektromos impulzusokká – digitális jelekké alakítottak át. Több mérőberendezés adatai futnak be egy alapegységbe. Egy-egy alapegységnek két számlálója van. Az egyik számláló magának a mérésnek az eredményét adja: azokat az elektromos impulzusokat számlálja, amelyek valamely mérőkészülékről érkeznek, s amelyek a mért mennyiségre, pl. a hőmérsékletre, a nyomásra stb. vonatkoznak. Ez tehát arról tudósít, milyen állapot uralkodik ott, ahol a mérő mér. A második számláló azokat az elektromos impulzusokat számlálja, amelyek a mérési ciklus kezdete óta, vagy pedig valamely megtett út 0 pontjától kezdve állottak elő. Ez tehát azt jegyzi fel, hogy a mérés mikor történt, illetve hol történt. E két számláló tehát egy-egy mérési cikluson belül pontos tájékoztatást ad arról, hogy hol, mikor milyen üzemi álla-

pot állt fenn. A második számláló akkor éri el az ún. teltségi állapotot, amikor a mérési ciklus véget ért. Ekkor minden kezdődik elölről. Egy kereső, tapogató áramkör végigkutatja az alapegységeket, hol fejeződött már be mérési ciklus, hol állnak mérési adatok megjelenítésre készen. Ha valahol befejeződött a mérési ciklus, az adatgyűjtő központi egysége kijelzi a mért adatokat (kinyomtatja, lyukszalagra lyukasztja stb.).

Az ilyen adatgyűjtő berendezések adatokat gyűjthetnek be és nyomtathatnak ki pl. gyártás közben, a hengerelt lemezek vastagságára vonatkozóan, folyamatosan gyűjthetik a kohók belső terének hőmérsékletére vonatkozó adatokat. Megtaníthatók arra is, hogy a mérési adatok alapján automatikusan hibát jelezzenek. A Műegyetem említett adatgyűjtőjét pl. zománchuzalok minőségének ellenőrzésére is fel lehet használni. A zománchuzalok gyártás közben elektromos feszültség alá helyezett higanyfürdőn haladnak át. Ahol a mérési adatgyűjtő „illegális" mérési adatot, vagyis pl. szigetelési hibát észlel, ott erről jelzést ad ki, „bizonyítványt" állít ki. A valóságban az történik, hogy a huzalnak a higanyfürdőn való áthaladása közben a kapacitásmérő híd érzékeli a szigetelő zománcréteg vastagságát, ha a kapacitás értéke kilép a tűrési tartományból, akkor a központi kezelőpulton vizuális jelek adják ezt tudtul. Ilyenkor a kezelőpult mellett dolgozó ellenőr megnyom egy gombot, s ezzel tájékoztatja a gépkezelőt arról, hogy beavatkozására van szükség. Ha az adatgyűjtő „automatikus üzemmódban" működik, akkor elegendő egyszer betáplálni az előre elkészített programot, nincs szükség emberi közbeavatkozásra: minden automatikusan zajlik le. Ez az adatgyűjtő berendezés többféle változatban készült el: 8, 12, 320 és még több csatornás változatokban, és így azoknak a mérőhelyeknek a száma, amelyekről adatokat tud felvenni – az adott készülék kapacitásának határai között –, tetszés szerint változtatható.

A Műszeripari Kutatóintézet (MIKI) MINIDATA mérésadatgyűjtő rendszere 1000 mérőhely adatait tudja begyűjteni. Építőkocka-rendszer alapján épül fel, így bizonyos határok között tetszés szerint bővíthető. Olyan naplót készít a mérésekről, amelyek a megszokott fizikai mérőszámokat alkalmazzák. Alkalmas arra, hogy konzolírógépen, telexen, lyukszalagon, mágnesszalagon, sornyomtatón egyaránt megjelenítse a mért adatokat, vagyis a mérési naplót. Az analóg mérőérzékelők és a MINIDATA-rendszer közé analóg illesztőegységek kerülnek, amelyek elvégzik az analóg adatok digitális adatokká történő átalakítását, az ún. analóg-digitális konverziót.

Off-line vezérlés

Az ilyen adatgyűjtő berendezések mérési adatait mind off-line, mind pedig on-line számítógépes vezérlésre felhasználhatják. Off-line irányítás valósul meg nálunk pl. a Péti Nitrogénművek ammóniaüzemében. Itt az üzem állapotára vonatkozó mérési adatok megérkeznek a vezénylőterem műszerfalára, és ott a szokásos „hagyományos", mutatókkal ellátott műszereken jelennek meg. Itt, ezeken a kijelzőkön a szokásos vizuális jelek – sárga, piros fényjelek – jelzik, ha a mért mennyiségek elérnek vagy túllépnek bizonyos határokat. Az üzem minden lényeges pontján – a reaktorokban, a konverterekben, a vezetékekben stb. – mérőkészülékeket helyeztek el, amelyek állandóan mérik a folyamatok jellemző adatait. Ezeknek a méréseknek adatai a műszerfal műszerein jelennek meg. Mindegyik műszeren két-két piros mutatót találunk. Az egyik piros mutató azt az értéket jelzi, amelynek az adott berendezésben – előírás szerint – uralkodnia kell. Ez a „kell" érték. Ha a dolgok rendjén mennek, akkor mindkét piros mutató valóban erre a „kell" értékre áll be. A másik piros mutató ugyanis a „valóság"-ot ábrázolja, vagyis azt az értéket, amely az adott berendezésben ténylegesen uralkodik. Ez a „van" érték. Ha a „van" és a „kell" érték eltér egymástól, akkor a két piros mutató között távolság jelentkezik. Ha ez a távolság bizonyos tűrési határnál is nagyobb, akkor az automatizmus beavatkozik, olyan jelet küld ki, amely egy megfelelő pneumatikus szabályozó útján helyreállítja a „kell" értéket. Ha túlságosan nagy a „van" és a „kell" közötti különbözet, akkor a műszerfalon vészjelző lámpa gyullad ki: ilyenkor az embernek kell beavatkoznia. Nagy baj esetén – a „van" és a „kell" érték túlságosan nagy eltérésekor – az automatizmus önműködően kikapcsolja az egész berendezést.

Ez a műszerfalas automatika azonban – noha világviszonylatban is nagyon modernnek számít – mégiscsak a hagyományos, a klasszikus üzemvitelhez sorolható. Ezzel a klasszikus üzemmóddal párhuzamosan ebben az üzemben a számítógépes off-line vezérlés is megvalósul.

Ennek a szolgálatában mérésadatgyűjtő berendezés, data logger áll. Azok a mérési adatok, amelyek ráfutnak a műszerfalra: egyidejűleg befutnak ebbe a mérésadatgyűjtőbe is. A mérésadatgyűjtő berendezés több mint 200 mérési pontról vesz fel adatokat analóg jelek alakjában, ezeket átalakítja digitális jelekké, és kijelzi azokat a szokásos mérnöki mérési egységekben kifejezve. Programozni lehet – beállítással – arra, hogy milyen időközökben írja ki az adatokat. Konzolírógépen is kigépeli az ada-

tokat, vagyis mérési naplót vezet. A konzolírógép nyomtatásával egyidejűleg lyukszalagon is rögzítődnek az adatok. Így tehát az üzemben tulajdonképpen azonnal rendelkezésre áll a pillanatnyi üzemi állapotokra vonatkozó jelentés.

A mérésadatgyűjtő mérési adatait telexgép útján továbbítják egy budapesti számítógéphez (a Vegyipari Egyesülés GIER jelű számítógépéhez). Ez a számítógép feldolgozza a mérési adatokat, és kiszámítja a „van" értékeknek megfelelő utasításokat, azaz azokat az utasításokat, amelyek ahhoz szükségesek, hogy a „kell" értékek álljanak elő. De ha csak ennyit tenne, akkor tulajdonképpen csak megismételné azt, amit a műszerfalas hagyományos automatika teljesít. A számítógép a „kell" értékek kiszámításakor bizonyos optimumkritériumokat vesz figyelembe. Lényegében kétféle optimumról lehet szó. Az egyik optimum: az ammóniatermelés maximuma. A másik: a termelési költség minimuma. A számítógép ezekre – vagy ha úgy tetszik más – optimumkövetelményekre van figyelemmel, amikor a „kell" értékeket kiszámítja. Itt valami minőségileg más történik, mint a hagyományos üzemmódban. Ott az emberi „becslés", „szakértelem" játszik szerepet annak az utasításnak a megállapításában, amely a „kell" érték helyreállítására szolgál. Itt az optimum a vezérlő szempont, és maga az utasítás gépi pontossággal áll elő.

Mi történik magában a számítógépben? Itt először egy ún. DAMAST-program fut le. Ez ellenőrző, felülvizsgáló program. Ez a beérkező adatok ún. szintaktikus ellenőrzését hajtja végre. Megvizsgálja, nem történt-e hiba az adatok lyukszalagra történő lyukasztásakor, telexen történő továbbításánál. Emellett végrehajtja az adatok ún. szemantikus ellenőrzését is: vajon egyeznek-e az adatok a valóságos üzemi lehetőségekkel, azokkal az adatokkal, amelyek körülveszik őket. Ha pl. valami tévedés folytán több ezer fokos hőmérsékletűnek jelentenek neki egy elegyet, akkor gyanakodni kezd. A programja arra utasítja, hogy ilyen hőmérsékletet ne tartson lehetségesnek. Ha ugyanezt az elegyet esetleg olyan hőmérsékletűnek jelzik az adatok, aminőt önmagában lehetségesnek tarthatna, akkor sem hajlandó minden további nélkül reálisnak minősíteni ezt az adatot. Megvizsgálja, hogy milyen ennek az adatnak a „környezete", mit jeleznek a többi adatok? Ha a többi adatok nem valószínűsítik ezt az adatot, akkor nem fogadja el. A számítógép ennek a DAMAST-programnak a keretében megvizsgálja, milyen állapotban van az üzem egész rendszere, van-e szükség optimalizálási eljárásra. Ha e vizsgálat eredménye az, hogy ez szükséges, akkor beszólítja az optimalizálási programot.

Az optimalizálási program alapja az üzemi folyamatok, az üzemben folyó egész termelés modellezése. E modell két egymástól függetlenül működő programrendszer keretében készült el. Az egyik programrendszer a dán Haldor-Topse cég és az MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutató Intézete együttműködésével készült. Ez a PLANT–1 jelű, háromszintes szimulációs program. A legfelső szinten az ún. szervezőprogramot találjuk, amely az alatta levő második szint működési blokkjait működteti. Ez a második szint pedig a legalsó szint működési blokkjait működteti. Egy háromszintes program igen sok számítást igényel. Ezért a számítások eredményei esetleg – sürgős esetben – nem állhatnak elő időben.

A másik program a tényleges üzemi tapasztalatokra épült. Együttműködve, magának a gyárnak és a SZTAKI-nak a szakemberei, kutatói, állították elő. Két változatban készült el. A program figyelemmel van ún. lassan változó paraméterekre, amelyek a működés viszonylag hosszabb időtartamán át változatlanoknak tekinthetők. Ilyenek azok a paraméterek, amelyek a katalizátor aktivitásával, a hőcserélő falainak a szennyeződésével, a szeparátorok hatásfokával stb. állanak kapcsolatban; másrészt olyan paramétereket is figyelembe vesz, amelyek viszonylag rövid időközökben változnak.

A számítógép számításainak eredményeképpen előállanak az új „kell" értékek. Ezek között ismét csak vannak olyanok, amelyeket azonnal fel kell használni az üzemben, mert a folyamatban levő termelési tevékenység közvetlen irányításához adnak támpontokat; és vannak olyanok, amelyek a hosszabb távú változtatásokhoz szolgáltatnak tájékoztatást, pl. arra mutatnak rá, hogy valamely berendezés már elöregedett vagy kezd elöregedni stb. Az ilyen adatok értékes útmutatásokkal segítik a vezetést döntéseiben.

On-line vezérlés

A számítógép – on-line üzemmódban – nemcsak kiszámítja a termelési folyamat „kell" értékeinek eléréséhez szükséges beállítási értékeket, hanem vezérli is azokat az elmozdulásokat, amelyek saját utasításainak a végrehajtásához szükségesek, vezérli az ún. effektorszerveket. Itt tehát a számítógép és a vezérelt gépek között nincsenek közbeiktatott láncszemek. Nem készül a számítógép utasításairól lyukszalag, mágnesszalag,

nyomtatvány stb. (ha készül, csak utólagos ellenőrzés céljaira szolgál). Itt nincs szükség az ember közbelépésére sem. A számítógép kiszámítja, milyen beavatkozásra van szükség, és nyomban vezérli is a beavatkozó folyamatokat. A számítógépes folyamatszabályozásnak ez a legfejlettebb módja. De az igazság az, hogy az ilyen on-line vezérlés ma még olyan ritka, mint a fehér holló. Kohóüzemekben, hengersorokon a Szovjetunióban, az Egyesült Államokban és máshol már láthatjuk példáit. De az eljárások ma még nem olyan tökéletesek, és főként nem olyan gazdaságosak, hogy gyors ütemben terjedhetnének. Az on-line vezérlés ma még nem annyira a termelésben honos, mint inkább a tudományos kutatásban (pl. az űrkutatásban), és természetesen a hadászatban, bár erről – a dolog természete szerint – nem állnak adatok rendelkezésre.

Pontosság, fokozatosság

Akár off-line, akár on-line vezérlésről van szó, magának a műhelynek, az üzemnek a szintjén, mindenképpen nagyon bonyolult magának a programnak az előállítása. Ehhez mindenekelőtt a gyártási folyamatok lehető leghűségesebb modellezése szükséges. Sokszor már a folyamatok megfigyeléséhez is számítógépet kell igénybe venni: másként nem megy a dolog. Megtörténik, hogy a számítógépet néhány esztendeig csak arra használják, hogy „nyissa ki a szemét és a fülét", figyeljen meg mindent az üzemben. Ilyenkor a számítógép szorgalmasan gyűjti a munkafolyamatokról beérkező adatokat, meghatározott programok alapján elemzi azokat, és eredményeit a modellalkotók rendelkezésére bocsátja. Csak ennek alapján válik lehetővé munkafolyamatok kellő pontosságú leírása. Ezt követik a munkafolyamatok tökéletesítésére vonatkozó számítások, majd azoknak az optimumoknak a megállapításai, amelyeknek elérésére törekedni kell (célfüggvények). Csak mindezek birtokában lehet a termelési folyamatok vezérlésének programját megfogalmazni.

A gondos előkészítés esetén – ha a valóságos lehetőségeket vesszük figyelembe – a bevezetés fokozatossága is követelmény. Egy, a szakirodalomban napvilágot látott szovjet javaslat szerint a kohászatban lezajló folyamatok vezérlését pl. fokozatosan kell számítógépre bízni. A kohó belsejében végbemenő folyamatok: az adagolás, a levegőbefuvatás és a léghevítés teljes automatizálásához, továbbá a szükséges mérési adatok feldolgozásához legalább négy számítógépre van szükség. A legkönnyeb-

ben automatizálhatónak tűnik az elegy-összeállítás, az ún. Gowper-szabályozás és az olajbefecskendezés, az elegyoszlop süllyedésének szondás mérései alapján. A legnehezebben automatizálhatónak tűnnek a kohóban lezajló redukciós folyamatok. Az pedig, a becslések szerint, viszonylag a legtávolabb áll, hogy magának a nyersvasgyártásnak a technológiai folyamatait is automatizálják. Egyelőre csak részletfunkciók vezérlését lehet számítógépre bízni. Így pl. a fúvólándzsa helyzetének a szabályozását stb. Mód kínálkozik az oxigén mennyisége adagolásának, nyomásának, az ócskavas és a pótanyagok adagolásának, a szénkiégetésnek, a fürdő hőmérsékletének stb. a szabályozására is. A legnehezebb – de elvileg persze megoldható – feladat mindezeknek a folyamatoknak egységes, automatikus láncba illesztése a számítógép segítségével.

A PROCESS-programcsomag

Itt említjük meg, hogy az MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutató Intézetében PROCESS néven programrendszer készült számítógépes mérésadatgyűjtésre, adatfeldolgozásra, folyamatszabályozásra. Ez mindenekelőtt maguknak a termelési folyamatoknak hűséges leírására nyújt lehetőséget: olyan programot lehet alkalmazni, amely a mérési adatok összegyűjtése és feldolgozása alapján felderíti e folyamatok részleteit. Ezt a leírást fel lehet használni olyan program elkészítésére, amely megengedi a folyamat tökéletesebb szabályozását, ennek keretében a nemkívánatos üzemállapot megelőzését, s ha mégis bekövetkezne, lehetővé tenné gyorsabb elhárítását.

A PROCESS-programokból építőkockaelv alapján rendszert lehet összeállítani. Ehhez nem kell ismerni az egyes részprogramok belső részleteit. Csak azt kell tudni: mit akarunk megoldani, milyen folyamatok követik egymást a láncban. A PROCESS (Program Csomag Elektronikus Számítógépes Szabályozásra) programcsomag azután automatikusan ellátja: a mérőberendezések vezérlését, a mért adatok előzetes feldolgozását, a beavatkozó jelek kiszámítását, a beavatkozó jelekkel a beavatkozó szervek működtetését, az automatikus üzemnapló vezetését, a határértékek túllépésének felfedezését és dokumentálását, stb. Alkalmazható a vegyiparban, az energiaiparban, a kohászatban, a papíriparban, a gyógyszergyártásban, az építőanyag-iparban, az élelmiszeriparban.

Az építőkockaelv nagy rugalmasságot biztosít a programrendszer al-

kalmazásában. Egy-egy felhasználói program blokkokból épül fel. A blokkok részfeladatokat ellátó programrutinokból állanak. Elvileg magukból a rutinokból, mint legkisebb építőkockákból is fel lehet építeni programokat, programrendszereket. Arra is mód van, hogy valamely üzem sajátos természetének megfelelően külön állítsanak elő rutinokat, és ezekkel bővítsék a rutintárat. A PROCESS programrendszer programjai bármely – a feladat ellátására egyébként alkalmas – számítógépre bizonyos, főleg a perifériákra vonatkozó átírásokkal rávihetők.

Integrált anyag- és adatfeldolgozás

Ha a számítógépeket nemcsak a termelés (közvetett vagy közvetlen) vezérlésére, hanem a termelésben szerepet játszó adatok feldolgozására is felhasználják, vagyis mind az anyag útjának vezérlésére, mind pedig az információk feldolgozására, áramlásának biztosítására, akkor ún. integrált anyag- és adatfeldolgozó rendszerről beszélhetünk. Annak idején a londoni Molins cégnél történt kísérlet ilyen integrált anyag- és adatfeldolgozás megvalósítására. Ez a vállalat cigarettagyártó gépeket állít elő. Mindent számítógépbe vittek, attól kezdve, hogy a feldolgozandó anyag megérkezett a raktárba. A munkadarabok elkészítéséhez szükséges nyersdarabok a műveleti utasításokkal, a műveletek végrehajtásához szükséges munkaelemekkel, alkatrészekkel (pl. csavarokkal) együtt hordozólapokra kerülnek. A számítógép jelöli meg azt a rekeszt, amelybe az így felszerelt rakodólapot be kell helyezni. A számítógép jelöli meg azt az időpontot, amelyben a rakodólapot ki kell venni a rekeszből, és be kell helyezni a megmunkáló gépbe. A számítógép vezérli azt a szállítókészüléket, amely mindezeket végrehajtja. A számítógép vezérli a szerszámgépet, amely a megmunkálást végzi. A számítógép szállíttatja el a kész darabot, és helyezteti be a megmunkálási térbe a következő rakodólapot. A számítógép küldi a szállítókészülék segítségével a kész munkadarabot tartalmazó rakodólapot a raktárba. Integrált adat- és anyagfeldolgozó rendszert később az IBM is kiépített.

Az ilyen rendszerekben egyetlen központi gyári számítógép (számítógép-rendszer) dolgozhatja fel a megrendeléseket, állíthatja elő a termelési programot, készítheti el a műveleti programokat, a műszaki terveket, láthatja el az adminisztrációt, a gazdasági ügyvitelt stb. stb. Ez a számítógép automatikusan küldhet fel területi, iparági nyilvántartásokat ellátó

számítógépekhez, számítógépes adatbankokhoz adatokat. Azonban az ilyen integrált anyag- és adatfeldolgozás: *nem a jelent, hanem a jövőt képviseli.* Ha az on-line vezérlés üzemi méretekben történő megvalósításától világméretekben gyakorlatilag még távol vagyunk, akkor az olyan integrált anyag- és adatfeldolgozástól, amely az on-line vezérlést is magába olvasztja, természetesen még távolabb vagyunk. Az első kísérletek kudarcokkal, megtorpanásokkal jártak együtt (a Molins cégnek anyagi eszközök hiányában abba kellett hagynia egy időre a rendszer működtetését). De mégiscsak az ilyen rendszerek mutatnak a legmerészebben előre a teljesen automatizált gyárak felé, amelyekben az ember kívül marad a termelési folyamatokon, csak felügyel rájuk, ellenőrzi azokat.

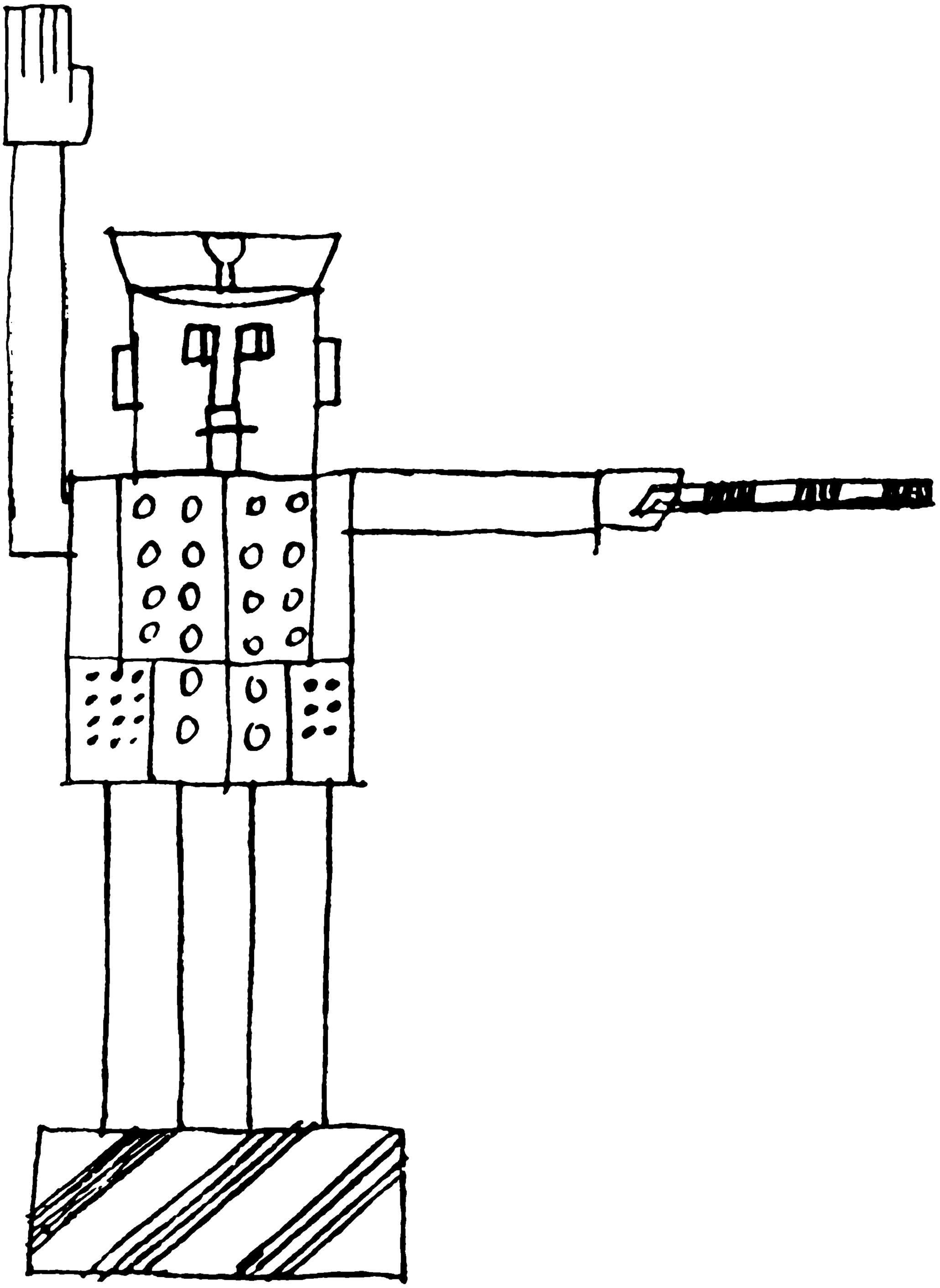
Mindenesetre az integráció bizonyos foka már élő gyakorlat. A számítógép megkapja az aznap beérkező megrendeléseket: ezeket mágnesszalagra jegyzi. A hét végén megkapja a műhelyektől azokat a megrendeléseket, amelyeket nem teljesítettek, amelyek átmennek a következő munkahétre. A gép mindezek figyelembevételével kinyomtatja azokat a termelési utasításokat, amelyeket a műhelyeknek a következő héten teljesíteniük kell. A gép nyomtatott bizonylatot bocsát rendelkezésre arról, hogy melyik műhelynek, illetve melyik gépnek milyen szerszámokra, nyersanyagokra, munkadarabokra van szüksége az utasítások végrehajtásához. A raktárak – amelyeket automatizálnak – rendelkezésre bocsátják a szükséges anyagokat, szerszámokat, munkadarabokat. Ezek eljuttatásáról a gépekhez, a megmunkálási terekbe a számítógép *automatikusan* gondoskodhat. A számítógép hetenként jegyzéket bocsát rendelkezésre a raktárállomány feltöltéséhez, az anyagbeszerzéshez. A számítógép eközben figyelemmel kíséri a termelőüzemet körülvevő piacot, és elemzéseket bocsát rendelkezésre a vásárlásokat, az eladásokat és a termelést érintő döntésekhez. Ez már ma is mind megvalósulhat, és ez sem kevés.

13 | A KÖZLEKEDÉSBEN

Moszkva: a járműfolyam irányitásának automatizálása

A számítógépnek egyre fokozódó a jelentősége a közlekedésben. Itt lényegében kétféle szerepkört vállalhat: automatikusan szabályozhatja a forgalmat (automata közlekedési rendőr), és automatikusan vezethet járműveket: robotpilóta, robotmozdonyvezető stb. Moszkvában, a Moszkvai Városi Közlekedési Üzem (Moszgortranszport) tervezőintézetében tervet dolgoztak ki a járműfolyam irányításának automatizálására. A modell három alapvető mutató segítségével jellemzi a járműfolyamot. Az egyik a mozgás intenzitása, vagyis azon járművek száma, amelyek egy időegység alatt áthaladnak az úttest meghatározott keresztmetszetén. A másik a koncentráció, vagyis az út valamely egységnyi hosszúságú szakaszán található járművek száma. A harmadik a járműfolyam sebessége. A modell lehetővé teszi annak kiszámítását, hogy a járművek különböző koncentrációja esetén mekkora a járműfolyam átlagos sebessége, mekkora lehet a járműfolyam mozgásának a maximális intenzitása valamely adott keresztezésben, vagyis mekkora a keresztezés átbocsátóképessége. E modell segítségével kiszámítható, hogy milyen járműkoncentráció esetén következhet be forgalmi torlódás stb. A modell figyelembe veszi az átbocsátóképességet befolyásoló különböző tényezőket: pl. az útburkolat állapotát, az út megvilágítottságát, a kerekek súrlódását az útburkolaton, és bizonyos mértékben még a vezetők vezetési szokásait is. A modell, a járműfolyamot az áramló folyadék mintájára írja le (hidrodinamikai modell), a folyadék sűrűsége: megfelel a járműfolyam koncentrációjának.

A modell kideríti, hogy milyen zavaró jelenségekkel kell számolni a közlekedésben. Ha a járműfolyam élén haladó vezetőnek hirtelen fékeznie kell, a járműfolyamban „izgalmi hullámok", „sokkhullámok" lépnek fel, s ezek tovaterjednek. A modell lehetővé teszi annak kiszámítását, hogy mekkora az a legkisebb reakcióidő, amellyel a többi járművek vezetőinek azokra a változásokra kell válaszolniuk, amelyeket az első ko-



csi vezetőjének magatartása idéz elő. Ez a reakcióidő természetesen más-más járműfolyam esetén más és más.

Ha a járműfolyamban olyan vezetők is haladnak, akiknek a reakcióideje hosszabb mint a szükséges minimum, akkor ez zavarokat, baleseteket okozhat.

Csúcsidőben a járművek vezetőinek szinte egyáltalán nincs lehetőségük arra, hogy egymástól függetlenül mozogjanak, ilyenkor a járművek – képletesen szólva – egymásba kapaszkodnak, egymáshoz igazodva változtatják a sebességet, fékeznek, gyorsítanak, magának a járműsornak a sebessége pedig alacsony marad.

A járműfolyam modellje a forgalom automatikus irányításának szolgálhat alapjául. Ennél több fokozat lehetséges. „Merev" programok működnek az első fokozatban. Ezek úgy szabályozzák a keresztezések forgalmát, hogy viszonylag a legkisebb legyen a zöld fényre való várakozás ideje mind a két irányban. Az ilyen „merev" programot a keresztezéseken áthaladó járműfolyamokról gyűjtött statisztikai adatokra támaszkodva szerkesztik meg. Minthogy a járműfolyam természete bizonyos időközökben megváltozik, a lámpák felvillanásait irányító programnak is nyomon kell követnie ezeket a változásokat. Ezt óraműű biztosítja.

A második fokozat programjai hajlékonyabban igazodnak a mindenkori feltételekhez. A vezérlőközpont jelentéseket kap a járműfolyamok pillanatnyi helyzeteiről. Ezek alapján azonnal változtatják az irányító programokat. A változtatást magát szintén program biztosítja. Általában 24 különböző programot készítenek el a nap 24 órájára vonatkoztatva, és ezek közül mindig az kapcsolódik be automatikusan, amelyik leginkább kielégíti azokat a körülményeket, amelyekről jelentések érkeznek a vezérlőközpontba.

A harmadik fokozat olyan program alapján irányít, amely folyamatosan követi a forgalom változásait, és ezek függvényében számítja ki azokat az optimális időközöket, amelyek elteltével nyitnia vagy zárnia kell a keresztezés valamely irányát.

A programok bevezetése előtt kísérleti üzemet valósítottak meg. A Szerpuhovszkaja Zasztaván forgalomirányító-központot létesítettek. Az úttestben detektorokat helyeztek el: ezek vezetékrendszerek, amelyek reagálnak az áthaladó járművekre, számlálják őket. Valahányszor jármű halad el valamely vezetékrendszer, detektor felett, megváltozik a vezetékek elektromos ellenállása, ennek segítségével történik a számlálás. A forgalomirányító-központban felállítottak egy számítógépet, s az a detektorok jelentései alapján dolgozza ki azokat az utasításokat, amelyeket a keresztezések forgalmi lámpáihoz küld ki. A számítógépes diszpécserközpontban tévékamerát is felhasználnak a forgalom figyelemmel kísérésére. Maga a számítógép nagy teljesítményű modulokból álló rendszer, amely bizonyos határok között tetszés szerint szerelhető össze.

Szabályozók a gépkocsiban

A számítógép szolgálatba léphet magában a gépkocsiban is. Ez csak elvi lehetőség: egyelőre az autóknak számítógépekkel történő felszerelése meglehetősen költséges luxus lenne. Annak azonban most sincs akadálya, hogy a számítógép alacsonyabb rendű kistestvéreit – olyan elektronikus berendezéseket, amelyek megközelíthetik egy célszámítógép teljesítményét – beszereljék a járművekbe. Ilyen kis elektronikus szabályozókat állítanak be pl. a fékerő szabályozására. Ismeretes, hogy a fékezésnél abban a pillanatban, amikor a kerekek forgása megszűnik, amikor a kerekek „blokkolnak": a gépkocsi csúszni kezd. Amennyiben a négy kerék nem egyszerre blokkol, a gépkocsivezető elveszti a tényleges uralmat a kormány felett. Az elektronikus berendezés védelmet nyújt a blokkolás ellen. Érzékelőberendezések észlelik a kerekek forgási sebességét. Ezekről jelentések futnak be az elektronikus ellenőrzőrendszerbe. Ha a fékezéskor valamelyik kerék forgási sebessége egy bizonyos kritikus érték alá csökken, az elektronikus berendezés csökkenti a fékfolyadék nyomását a kerék fékjében. Ebben a pillanatban csökken a fékerő, és megnő a kerék fordulatszáma. Erről ismét csak jelentést kap az elektronikus berendezés, aminek eredményeként automatikusan megnöveli a fékfolyadék nyomását, a fékerőt. Mindez a másodperc tört része alatt zajlik le, egy másodperc alatt többször is csökkenhet és növekedhet a fékfolyadék nyomása. A készülék lelke: az összehasonlító egység, amely a kerekek forgásáról beérkező jelentéseket összehasonlítja a memóriájában tárolt kritikus értékekkel, mindannyiszor beavatkozás történik a fékezés menetébe, valahányszor a forgási sebesség a kritikus értéknél jobban lelassul. Így a gépkocsi mindig kormányozható marad, ha csak az útviszonyok nem annyira kedvezőtlenek, hogy ezt lehetetlenné teszik.

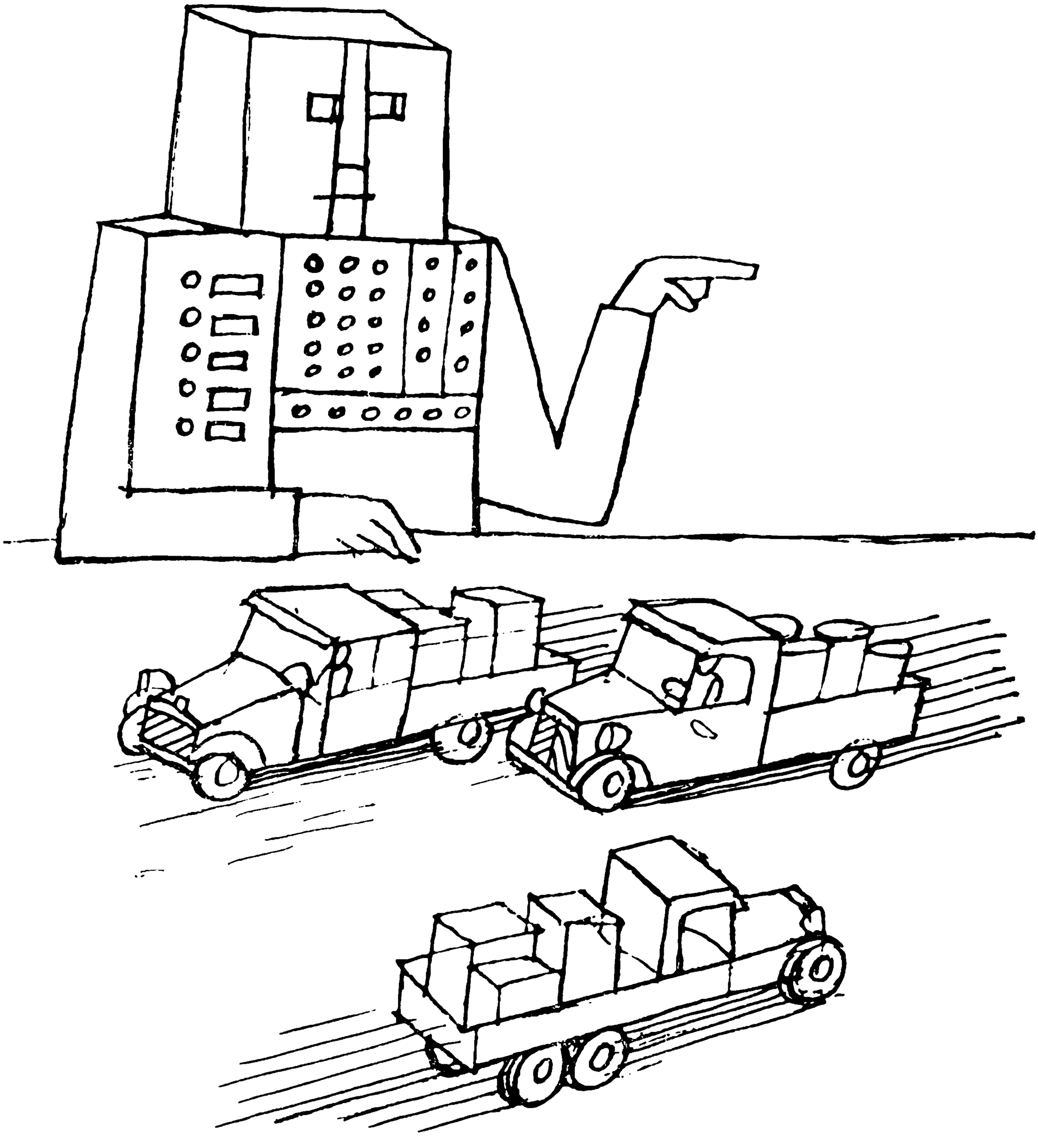
Ugyancsak célszámítógépet, illetve elektronikus berendezést lehet az autóba beszerelni annak ellenőrzésére, hogy valamely beállított sebességet megtartsanak, és a tőle való eltéréseket automatikusan megszüntessék, hogy a gépkocsi az előtte haladó gépkocsihoz viszonyított kötelező követési távolságot automatikusan betartsa stb. De az elektronika tulajdonképpen minden olyan mutató ellenőrzésére felhasználható, amelynek a betartása a gépkocsivezető figyelmét követeli meg. Az elektronika riasztó jelzést – vizuális vagy hangjelzést – adhat abban az esetben, ha a mutatók túllépnek bizonyos értéken (pl. a kerekek fordulatszáma meghalad egy bizonyos kritikus határt stb.).

Automatizált országutak

Elektronikus berendezések vezérelhetik a járműforgalmat automatikus forgalomszabályozású országutakon. Kísérleti jelleggel készítettek ilyen autópályát: az úttest alatt kábel fut, ebben váltóáram folyik. A járműveket jobb- és baloldalt egy-egy elektromágneses tekerccsel szerelik fel. A kábelben folyó váltóáram ezekben a tekercsekben elektromos feszültségeket indukál. Ha a gépkocsi középvonalban pontosan a kábel felett halad, a két tekercs egyforma távolságra esik a kábeltől, bennük egyforma nagyságú elektromos feszültség keletkezik. Ha a jármű letér erről a nyomvonalról, akkor az egyik tekercs feszültsége növekedik, a másiké csökken. Elektronikus berendezés – esetleg számítógép – fogadhatja be a jelzéseket a tekercsek feszültségeiről, számíthatja ki a hiba kiküszöböléséhez, a gépkocsinak a nyomvonalra történő visszatérítéséhez szükséges kormányelfordulás szögnagyságát, és adhat parancsot a kormányszerkezetnek a megfelelő működésre.

Szegeden a József Attila Tudományegyetem Kibernetikai Laboratóriumában folynak kutatások a járművek automatikus vezérlésével kapcsolatban. Olyan elektronikus berendezések tervével foglalkoznak, amelyek a közlekedési jelzéseket impulzussorozatok alakjában vennék tudomásul, és ezek birtokában automatikusan működtetnék az autó beavatkozó szerveit. A forgalomjelző táblák, a forgalmi lámpák jelzései, színei, a közlekedési táblák figyelmeztetései, parancsai, mind-mind impulzussorozatok alakjában állanának elő, amelyeket miniatűr rádióadók sugároznának. A gépkocsi elektronikus berendezése felfogná ezeket a hullámokat, és ezeknek megfelelően „cselekednék": kiszámítaná, mit kell tennie a kormányszerkezetnek, a gázadagolónak, a féknek, a tengelykapcsolónak stb., és ki is küldené azokat az elektromos impulzussorozatokat, amelyek megfelelően működtetnék e szerveket. Minthogy nagyon sok jelzés érkezhet: az autóban különleges letapogató berendezést is alkalmazni kellene, amely a sebességtől függő időközökben – nagyobb sebesség esetén sűrűbben, kisebb esetében ritkábban – végigtapogatná a receptorokat, és tudomásul venné jelentéseiket. Ilyen módon meg lehetne szüntetni azt a bizonytalanságot és kikapcsolhatnák azt a veszélyforrást, amelyet az emberi figyelem nem elégséges volta, az ember feltételes és feltétlen reflexeinek reakcióideje rejt magában.

Számítógép segítségével elvileg megoldható a járművek automatikus



kitérítése is, ez elvileg lehetségessé tenné az összeütközések elkerülését, Tulajdonképpen azokra a műállatokra kell gondolnunk mint példákra. amelyek automatikusan irányt változtatnak, ha tapogatóik valamilyen tárgyba ütköznek. A tapogatót pótolhatja pl. radarvisszhang is. De ennek az elvi lehetőségnek a valóra váltásától pillanatnyilag nagyon messze vagyunk.

A légi forgalomban

A repülőgépek forgalmának irányításában is szerephez jut a számítógép. Valamely repülőgép elvileg bármely irányból összeütközhet egy másikkal, vagy valamely tárggyal: mind longitudinális (a hossztengely irányából), mind laterálisan (oldalirányban), mind pedig vertikális (függőleges) irányból, azaz alulról vagy fölülről, de a repülési síkjában történő összeütközés is fenyegetheti. A forgalomirányító számítógépnek arra kell ügyelnie, hogy a légifolyosóban haladó gépek pontosan betartsák a kijelölt útvonalat és az egymás közötti távolságot. Hibaforrás lehet a radarrendszer, a repülőgép rádió navigációs rendszerének nem kielégítő működése és sok minden más is. Csökken a veszély, ha kiegészítő radarrendszert is alkalmaznak: ebben az esetben ugyanis a repülőgép szüntelenül sugározza a saját azonosító jelét, továbbá repülési magasságát, és az erről szóló jelentéseket felfogja a földi irányítóközpont. A számítógép a jelentések alapján megállapíthatja a folyosóban haladó összes gépek pályakoordinátáit, figyelemmel kísérheti e pályakoordináták változását, azaz felrajzolhatja a pályákat. Ez – persze – nem kis feladat, és az elvi lehetőségből még sehol sem teremtettek valóságot. A számítógép azonban – elvileg – magára vállalhatja a forgalomirányítás feladatát, és amennyiben az összes repülőgépek tulajdonságait, manőverezési lehetőségeit betáplálják a memóriájába: utasítást adhat a pilótának – vagy az automatának – a megfelelő motorok működtetésére, ha a pályától való eltérés vagy más ok miatt fennforog az összeütközés veszélye. A számítógép alkalmas arra is, hogy az időjárási viszonyok függvényében utasításokat adjon a légifolyosóban haladó repülőgépek sebességeinek és követési távolságainak, magasságainak változtatására. A számítógép – az összes szükséges adatok ismeretében – alkalmas programok alapján optimális értékeket számíthat ki, és utasíthatja a repülőket ezek betartására.

A számítógépnek helye van a repülőgép fedélzetén is. Itt mindenekelőtt az egyes műszerrendszerek automatikus ellenőrzését láthatja el. A pilóták jelenleg rádiójeleket használnak helyzetük megállapítására, a navigációra. A rádiójelek alapján térképekről állapítják meg a helyüket, térképeken nézik meg, milyen irányban kell haladniuk stb. Ezek nagyléptékű térképek, egy-egy útszakaszon több térképet is használniuk kell. De a térképen végzett munka nélkülözhetetlen helyzetük azonosításához, és különösen akkor az, ha nem az előre meghatározott útvonalon haladnak, vagy ha radar ellenőrzése alatt kell megközelíteniük a repülőteret.

Erre a célra elvileg nagyon alkalmas lehet a számítógép grafikus displaye. A számítógép a megfelelő alakban kapott rádiójelentések alapján kiszámíthatja a repülőgép pozícióját, ezt megjelölheti a displayn, és folyamatosan jelölheti a megtett útvonalat a megjelenítőn. Ez igen szemléletes és hasznos segítséget adhat a pilótának.

A számítógép felügyelhet a repülőgép fedélzeti rádió adó- és vevőrendszerére is. Automatikusan irányíthatja a jelzések vételét és adását, azoknak a rádióhullámhosszaknak a kiválasztását, amelyeken a közléseket venni szükséges, adni lehetséges, tárolhatja a rádiójelek hordozta információkat – pl. az időjárásról vagy a forgalom ellenőrzésére vonatkozóan –, ezeket automatikusan vagy parancsra megjelenítheti a displayn, sőt az időjárásra – pl. a felhőzetre – vonatkozó radarinformációkat képek alakjában is kivetítheti.

A számítógép kiszámíthatja az adott útvonalon, a megszabott időfeltételeknek eleget tevő repülés legjobb „taktikáját". Azaz megszervezheti az utat úgy, hogy a legkevesebb üzemanyag használódjék fel stb. Abban az esetben, ha az utazásban bonyodalmak keletkeznének, konkrét utasításokat is kiszámíthat. Ilyen a helyzet akkor, ha pl. a pilóta előbb ér valamely pontjára az útvonalnak, mint ahogy azt előírták számára, és tudni szeretné, vajon milyen magasságban kell ezt a pontot átrepülnie, hogy az időpont be nem tartása ellenére is ne kerüljön összeütközés-veszélyes helyzetbe; késedelem esetén is ugyanerről van szó.

De az igazság az, hogy a polgári repülőgépeken ez még nem számít a ma technikájának.

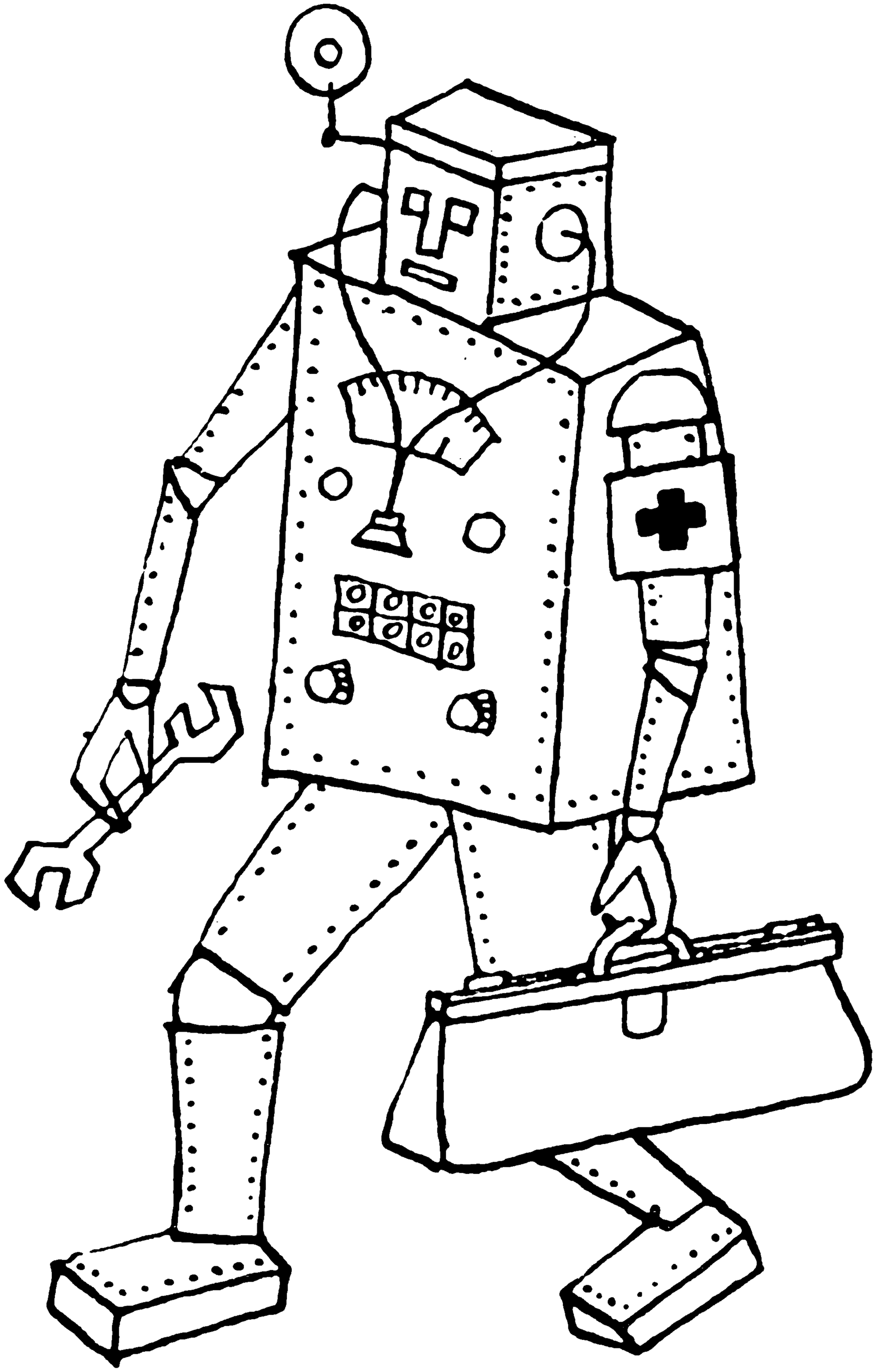
14 | AZ EGÉSZSÉGÜGYBEN

Kórházi információs rendszerek

A számítógép bevonul az egészségügybe. Itt, ugyanúgy, mint bármely más területen, magára vállalhatja az adminisztráció ellátását – beleértve az adatok nyilvántartását és statisztikai feldolgozását is –, ellenőrizheti azokat a gépi berendezéseket, amelyek a betegek állapotát mérik, vagy a szükséges értékeken tartják az életfolyamatokat, szabályozhatja bizonyos folyamatok jellemzőit, és tanácsokat adhat az orvosnak a diagnózis megállapítására is. Tulajdonképpen minden kórházi tevékenységben segítséget nyújthat a számítógép.

Ami az adminisztrációt illeti: nemcsak elláthatja, hanem csökkentheti is, az optimális szükséges értékre redukálhatja. A Központi Állami Kórház gazdasági igazgatója pl. kiszámította, hogy egy ezerágyas kórházban – ahol évente 25 000 beteget ápolnak, mintegy ötmillió adatot kell felvenni, és a nyilvántartóban kezelni: személyi adatokat, betegségre vonatkozó adatokat, vizsgálati eredményeket stb. Emellett ugyanazt az adatot többször is feljegyzik. Az adminisztráció manuális intézése esetén elkerülhetetlen a párhuzamos adattermelés. Ez azonban nemcsak önmagában okoz veszteséget; késlelteti a betegek vizsgálatait, és ebből kifolyólag természetesen a gyógykezelésüket is. A számítógép meggyorsíthatja azoknak az adminisztrációs feladatoknak a végrehajtását, amelyek a betegek felvételével, kivizsgálásával függnek össze, így magát a felvételt, a vizsgálatokat, a gyógyítást is gyorsítja. Az orvosokat és az ápolókat felszabadíthatja a papirosmunka terhe alól, ezzel lehetővé teszi, hogy energiáikat a betegekkel való érdemi törődésre fordíthassák. A számítógép lerövidítheti a betegek kórházban tartózkodásának szükséges idejét. Ennek a jelentősége akkor tűnik ki, ha meggondoljuk, hogy egy kórházi ágy beruházási költsége hozzávetőlegesen 700 000–800 000 forintra rúg, vagyis egy 500 ágyas kórház építése legalább 400 millió forintba kerül.

Ha számítógépet állítanak a kórházi adminisztráció szolgálatába, már a felvételnél azonosítási számot kap minden beteg, és ettől kezdve minden reá vonatkozó adatot, azonossági számához rendelve a számítógép



tart nyilván. A beteg röntgen-, EKG-, EEG- stb. vizsgálatokra megy: a számítógép memóriája tárolja a vizsgálatok eredményét. Ezek alapján azonnal a pillanatnyi helyzetnek megfelelő információt tud szolgáltatni minden betegről. Emellett a számítógép napi jelentést gépeltethet ki a kórház forgalmáról, illetve helyzetéről: a felvételek, az elbocsátások, a mű-

tétek, az üresen álló ágyak stb. számáról. Ezekből statisztikákat állíthat össze, amelyek mind a kórház orvosainak, mind a kutatóknak, mind pedig a felsőbb szerveknek rendelkezésére állhatnak.

A számítógép tájékoztatja arról a kórház különféle osztályait, laboratóriumait, hogy melyik betegen milyen vizsgálatokat kell aznap elvégezni. Egyben az osztályoknak, a laboratóriumoknak rendelkezésére bocsátja a betegekre vonatkozó szükséges adatokat is. A laboratóriumok részére napi utasításlistát állít ki. De emellett vezérelheti is magában a laboratóriumban az egyes vizsgálatok folyamatait. Például: vérmintát kell megvizsgálni. A mintát üvegcse tartalmazza. Ezt a mintát automatikusan – légáram segítségével – több adagra osztják szét, hogy egyidejűleg több vizsgálóberendezésen haladhasson át. Az egyik mintaadag pl. ún. hőfürdőbe jut (miután eltávolították belőle a fehérjeanyagokat stb.) és csak ezt követően kerül sor magára a mérésre. Ez abból áll, hogy az anyagot fénynyel sugározzák át. Egy műszer azt jelzi, hogy mennyi fényt enged át a minta. A fényelnyelés mértékéből következtetni lehet arra, hogy bizonyos alkotóelemek milyen mennyiségben vannak benne jelen. Az áteresztett fény mennyiségének arányában változik meg a mérőműszer elektromos feszültsége. Ez esetben tulajdonképpen a feszültség értéke a mérési eredmény. Ezt a feszültséget előbb digitális jelekké kell átalakítani, mert csak azután küldhetik be a számítógépbe. (Erre már több ízben utaltunk.) A számítógép ennek az adatnak a birtokában kiszámítja, hogy valamely anyag milyen töménységben van jelen a vérben. Hasonló módon jutnak be a számítógépbe a laboratórium más mérési eredményei is. Amennyiben maga a vizsgálat nem automatikusan folyik le, mert a gépesítését még nem oldották meg, akkor az orvos vagy az asszisztensnő bizonylatot állít ki – megfelelő alakban –, és megfelelő átalakítások után ez kerül a számítógép memóriájába. (Ezt a helyzetet az adminisztráció gépesítését bemutatva részletesen megtárgyaltuk.)

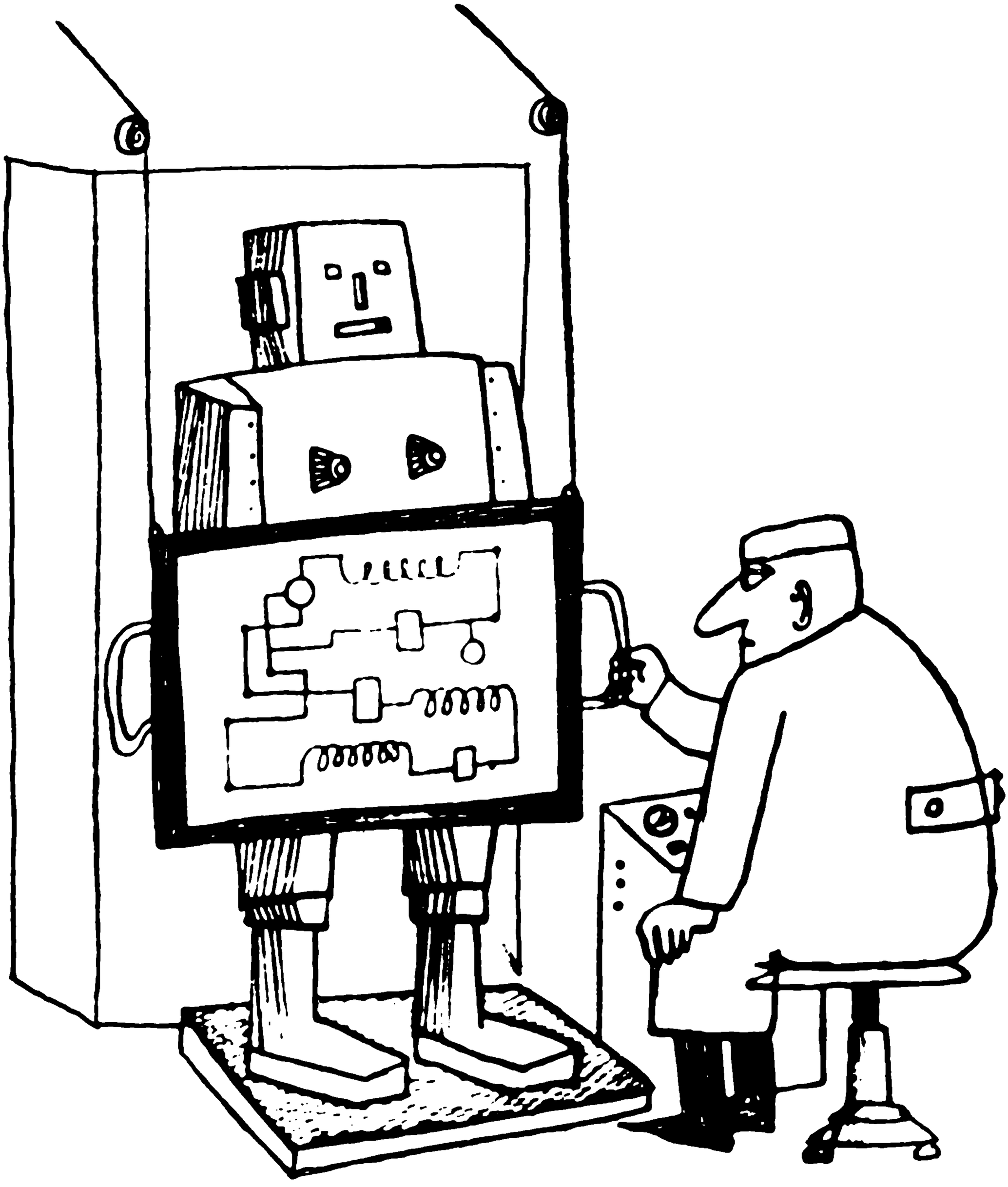
Ilyen „integrált" információs rendszer ma már számos kórházban működik, így pl. a Tübingeni Egyetemi Klinikán IBM gép dolgozik. A géphez kábelen érkeznek meg a laboratóriumok műszereinek az adatai, s a megfelelő programok alapján elemzi ezeket. Naponként több ezer mérési eljárás adatait dolgozza föl a gép. A mérőműszerek eredményadatai lehetnek analóg jelek: folyamatos görbék, amelyek valamely áramerősség vagy áramfeszültség változásait ábrázolják, és digitális jelek is, amelyek számokat ábrázolnak (pl. vérsejtek számait). Amennyiben az eredményadatok analógjelek alakjában érkeznek be, maga a számítógép alakítja át

őket digitális impulzusokká, és így dolgozza fel őket. Mind a hét laboratóriumban sornyomtatón jelennek meg a számítógéppel végrehajtott értékelések adatai. Az eredmények mellett – ezeket fekete, illetve piros színben rögzíti – szöveges javaslatokat is tesz a gép a további vizsgálatokra, illetve a gyógyszerekre vonatkozóan. Ha az orvos e nyomtatvány valamely adatát valószínűtlennek véli, a számítógépet új vizsgálat elvégzésére utasítja, vagy arra, hogy tekintse semmisnek a szóban forgó adatot, és helyette fogadja el azt, amelyet ő közöl billentyűkkel. A gép minden este valamennyi beteg állapotáról jelentést gépel ki, emellett egy sereg adminisztrációs „aprómunkát" is ellát: a klinika gyógyszertára részére gyógyszerkiutalási jegyeket (vényeket) állít ki, és csak úgy „mellesleg" nyilvántartja a raktáron levő gyógyszerek mennyiségét, s arra is figyelmeztet jó időben, hogy melyikből mikor, mennyit kell utánarendelni a kórház dolgozóinak.

Itt említjük meg, hogy a szekszárdi megyei kórházban úgy szervezték meg az adatszolgáltatást, az információáramlást, ahogy azt a számítógép beállítása esetén fel tudják majd használni. Az adatokat lyukkártyákra viszik. Lyukkártyákon őrzik a mintegy 1400 ágyas kórház évi 30 000 betegére vonatkozó adatokat. Ezzel tulajdonképpen adatbankot valósítottak meg, amelyet szüntelenül felfrissítenek az új adatokkal. Ez az adatbank rendelkezésére áll az ügyvitelt intéző adminisztrációnak, de ugyanígy az orvosnak is, vagy az orvoskutatónak is, aki kiszólíthatja belőle a vizsgálatok eredményeire a kórháztörténeti előzményekre vonatkozó adatokat. Ugyanebből az adatbankból olyan statisztikai adatokat lehet kiszólítani a felsőbb szervek számára, amelyek döntések alapjául szolgálhatnak.

A diagnózis előkészítése

Talán a legfontosabb segítség, amelyet a számítógép nyújthat, abban áll, hogy tanácsokat, útbaigazításokat adhat a diagnózist illetően. Ehhez olyan programok készíthetők, amelyek pl. a játékelmélet eljárásain alapulnak. Ebben az esetben olyan „játék"-ról van szó, amelyben az orvos és a kórfolyamat az ellenfelek. Az orvos igyekszik felderíteni a kór ismérveit, a kórfolyamat ellenáll ennek, igyekszik elrejteni titkait. A játék eredménye: a diagnózis. Máskor a program alapja: a sokdimenziós térben történő ábrázolás. A betegségek minden kórismérvét egy-egy koordiná-



távai ábrázolják, tehát a betegséget a továbbiakban az a pont képviseli, amelyet ezek a koordináták meghatároznak. A beteg kóradatai (az orvos személyes vizsgálatának, a laboratóriumi vizsgálatoknak az eredményei, a beteg „tanúvallomása önmagáról" stb.) megfelelnek most egy-egy koordináta-értéknek, vagyis a betegség egy-egy adata egy ponttal jellemezhető. Ebben a sokdimenziós térben egy-egy betegséget egy-egy ponthalmaz reprezentál. A diagnózis megállapítása abban áll, hogy megkeresik, melyik ponthalmazban helyezkedik el a beteg kóradatait képviselő pont, vagy melyikhez esik a legközelebb. Más programok a diagnózis megállapításakor figyelembe veszik a tünetek bizonyító erejét, súlyát is.

Meg kell azonban jegyeznünk, hogy a diagnózis megállapításában a számítógép sohasem pótolhatja magát az orvost. Bármilyen sok adatot tápláljunk is be a gépbe: ezek együttesen sem pótolhatják az orvos szaktudását, emberi-orvosi áttekintő képességét, azt az átfogó pillantást, amellyel a gyakorlott, nagy tudású orvos a beteget „felméri", elhelyezi tapasztalatainak rendszerében. A számítógép csak támpontokat nyújthat a diagnózishoz, a diagnózis megállapítása az orvos dolga.

Diagnózis alapján a gép „kiszámíthatja" a legjobb gyógymódot is, vagy – hogy itt is szerényebbek legyünk a megállapításban – támpontokat adhat az optimális gyógykezelés meghatározásához. Ebben olyan programra támaszkodhatnak, amelynek „célfüggvénye" a lehető legnagyobb javulás elérése a beteg egészségi állapotában. Minden állapothoz „érték"-et vagy „hasznosság"-ot rendelnek hozzá, azaz mindenképpen valamely számszerű értéket, és ennek az értéknek a maximumát keresik. Ez esetben a beteget magát, mint a reá vonatkozó adatok sorozatát tekintik. Minden gyógymód stb. mellé valószínűségi értékeket rendelnek: annak a valószínűségét keresik, hogy mennyiben járulhat hozzá a gyógyuláshoz. A számítógép figyelembe veszi az egyes gyógymódok „ráfordítás"-ait (negatív hasznosságát) is: nemcsak pénzbeli költségekről, hanem a betegség idejéről, a kényelmetlenségekről, az aggodalomról is szó van. Végül is olyan gyógymódokat javall a számítógép, amelyek a legnagyobb valószínűséggel és a legkisebb „költség"-gel állítják helyre az egészséget. Diagnózis helyett elvileg mindjárt gyógymódot lehetne kiszámítani a számítógéppel: az emberélet azonban sokkal drágább annál, semhogy az ilyen számítás eredményeire kritika nélkül támaszkodhatnánk, s ezért a számítógéppel mind a diagnózis, mind pedig a gyógymód adatsorait előállíttatják, hogy az orvos mindkettőt elemezhesse.

Jelenleg ugyan nincsen még a világon olyan kórház, ahol szó szerint megvalósulna mindaz, amit az előbbiekben leírtunk, de ilyen kísérletek számos helyen folynak.

Fontos szerepük van a kis célgépeknek is. Az Országos Korányi Tbc- és Pulmonológiai Intézetben ún. elektroklasszifikátort fejlesztettek ki, amely tüdőgümőkóros betegek kompenzációs fokának gépi úton való gyors meghatározására alkalmas. A „kompenzációs fok" meghatározása: az egyik legfontosabb kritérium annak megállapításában, milyen súlyos a tüdőgümőkór. Ámde a kompenzációs fok meghatározása bonyolult mérési és számítási eljárásokat igényel. Mintegy 8–12-féle vizsgálati (légzésfunkciós stb.) adatra van szükség, mintegy 800 000 lehetséges kom-

bináció közül kell választani. Statisztikailag kidolgozott táblázatok alapján építették meg a gépet. A gépet az Országos Korányi Tbc- és Pulmonológiai Intézetben használják. Az előlapon levő forgatógombokkal beállítják a laboratóriumi vizsgálati eredményeket (kódszámokat), és az indítógomb megnyomása után néhány másodperccel kigyullad az az eredménylámpa, amely jelzi a folyamat kompenzációjának fokát. A gép ún. átmeneti állapotok jelzésére is alkalmas: villogó fényjelek adják tudtul, hogy a kompenzációs fok két állapot közötti helyzetnek felel meg. A gép azt is jelzi, ha egy beteg tünetei „nem tipikusak", ez azért fontos, mert az ilyen ember egyéni kezelést igényel.

Betegszobában, műtőben

Az intenzív betegellenőrzéshez szükséges készülékek működését is vezérelheti a számítógép: kritikus állapot megjelenése esetén vizuális vagy hangriasztó jelet adhat; vezérelheti a műtőben a beteg altatott állapotához szükséges körülmények fenntartását (zárt láncú altatás). Ha ezt is figyelembe vesszük – tulajdonképpen a kórháznak mint üzemnek egyetlen olyan részlege sem marad, amelyben a számítógép ne találhatna magának szerepet; még a konyha sem kivétel, hiszen a számítógép a gyógymódok között étrendeket is előírhat. Ilyenformán a számítógép „univerzális diszpécser"-ként alkalmazható a kórházban. Az is elképzelhető, hogy egy számítógép szolgálatait egyszerre több kórház vegye igénybe távadatfeldolgozás keretében.

Mintaállomás Magyarországon

A Távközlési Kutatóintézet az Országos Kardiológiai Intézet közreműködésével orvos-diagnosztikai mintaállomást létesített. Ennek az a legfontosabb feladata, hogy tapasztalatokat gyűjtsön, mert az itt szerzett tapasztalatok alapján számos állomást kívánnak szervezni. Az állomás szervezésének ez a legfőbb célja. A mintaállomást egyelőre EKG-jelek feldolgozásával foglalkoztatják, elvben azonban más jelek elemzésére is alkalmas.

A mintaállomásra telefonvonalon érkeznek az EKG-jelek. Az orvos a maga szokásos készülékeivel, a szokásos módon végzi a vizsgálatot. Az

EKG-jelek az orvosi vizsgálat helyén megfelelő készüléken – az ún. vonali kapcsolón – át jutnak a telefonvonalra. A vonalon „eredeti alakjukban", azaz mint analóg jelek – folytonos mennyiségek, pl. áramfeszültségek – utaznak át, vagyis anélkül, hogy előzetesen digitális (1, 0) jelekké alakítanák át őket.

A telefonvonalon egyidejűleg másfajta jeleket is továbbítani kell. Ezek a beteg azonosításával függenek össze, orvosi, laboratóriumi vizsgálatok számszerű eredményeit, a beteg kérdőíveken feljegyzett válaszait képviselik stb.

Mindezek az adatok befolynak a Távközlési Kutatóintézet mintaállomásának R–10 jelű kis számítógépébe. Előbb egy vonali-kapcsoló-berendezésbe jutnak itt is, majd innen egy analóg-digitális konverterbe, amely digitális (1, 0) alakra alakítja át a jeleket, hogy a számítógép képessé váljon a feldolgozásukra. Mind az orvosi munkahelyen, mind pedig a mintaállomáson elhelyeztek egy-egy konzolírógépet, amelyen át adatokat közölhetnek a számítógéppel, illetve amelyekkel maga a számítógép üzeneteket gépeltethet ki. Ezeknek az írógépeknek a segítségével a számítógép párbeszédet folytathat az orvossal, kiegészítő adatokat kérhet tőle, ha erre elemző programjának végrehajtásához szüksége van.

A mintaállomás, illetve a mintaállomáson működő számítógép programrendszere az állandó „tanulás" állapotában van: a korábbi tapasztalatok értékesítése árán állandóan tökéletesedik az a döntési rendszer, amellyel a számítógép diagnózisokat rendel az EKG-jelekhez. Gondoljunk csak arra, hogy a számítógép gépies módon javasol kórisméket: az EKG-adatokból eredő (kiszámított) számokat megszorozza bizonyos számokkal, együtthatókkal. A számítógép egész diagnosztizáló „tudománya" lényegében ezekből az együtthatókból áll. Ha ezek az együtthatók kellően pontosak, akkor a gépi diagnózis eléggé megközelítheti a tapasztalt orvos diagnózisát. De ezeket az együtthatókat nem célszerű egyszer és mindenkorra rögzíteni, mert akkor nem követhetik a tapasztalatokat, nem finomodhatnak a tapasztalatok alapján. Ezért a gépbe tanulási programokat – tanulási algoritmusokat – visznek be. Ezek alapján a gép meg tudja jegyezni magának, hogy bizonyos EKG-jelekhez – mintákhoz – milyen diagnózisokat rendel hozzá az orvos, és ennek alapján módosítani tudja a saját döntési eljárását, – vagyis lényegében azokat az együtthatókat, amelyekkel az EKG-jelekből folyó számokat megsokszorozza, hogy a diagnózisokhoz jusson.

Tanulása során a számítógép elemző – diagnosztizáló programja „kiemeli a lényeget”, ezen azt kell érteni, hogy az EKG-jelek görbéjéből kiemeli a legfontosabb jellegzetességeket, azaz meghatározza az alapvonalat, a legfontosabb csúcsokat, térközöket stb. Az ember számára – a tapasztalt orvos számára – ez a lényegkiemelés természetesen adódik, ha csak egy pillantást vet is a görbére. A gép számára bonyolult programokkal lehet ezt csak elvégezhetővé tenni. Végül is a gép számszerű adatok formájában szolgáltat leletet.

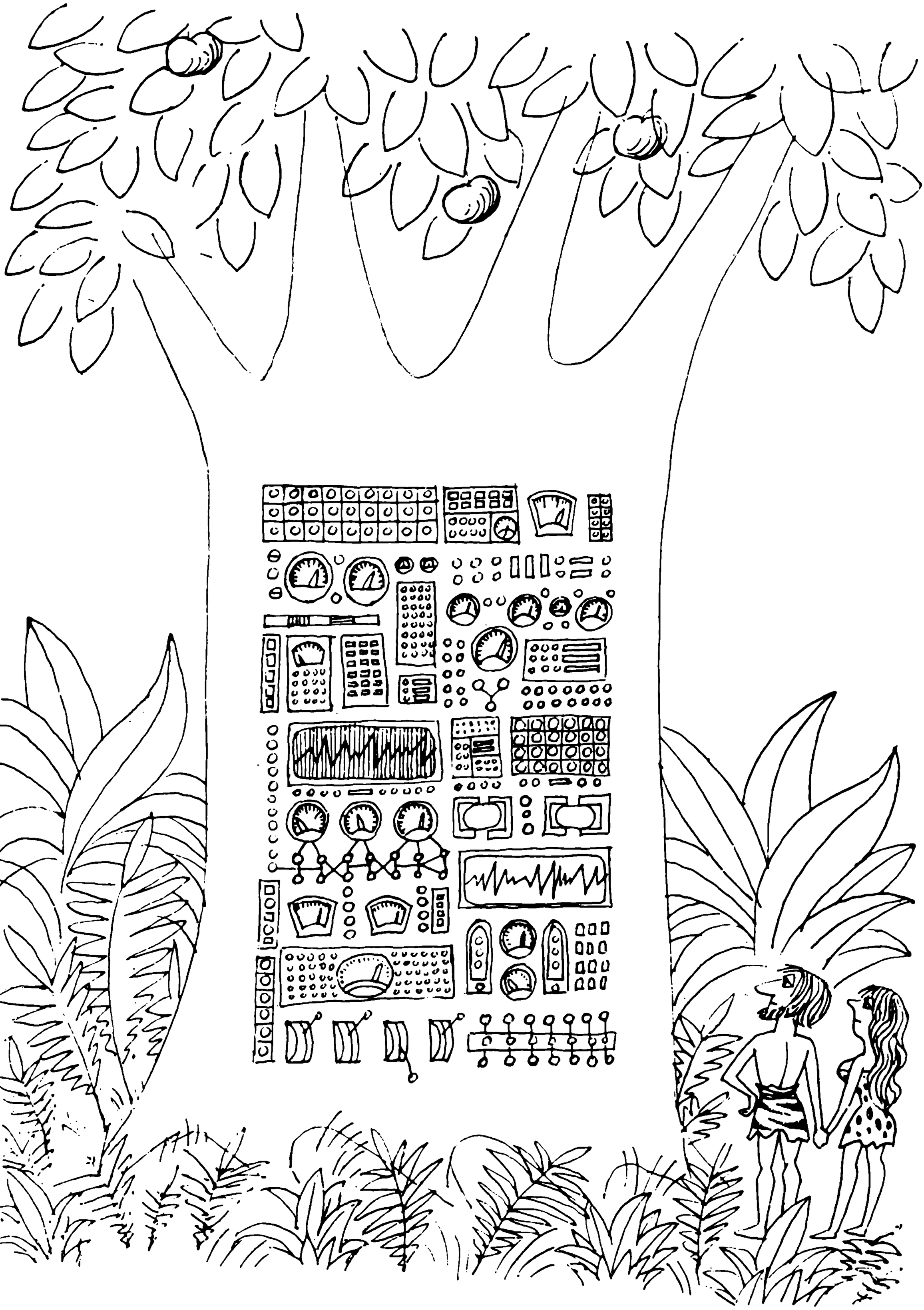
15 A TERMÉSZET- ÉS A TÁRSADALOMTUDOMÁNYOKBAN

Képanalizátorok

A számítógép: „tudományos asszisztens". Sem a természet- sem a társadalomtudományok területén nem igen lehetne ma már felfedezni olyan „fehér folt"-ot, ahol ne tartanának igényt a számítógép szolgálataira. A számítógép munkája meggyorsítja az információfeldolgozást, megtermékenyíti a kutatást. A számítógép vezérelheti a kutatólaboratóriumok ama készülékeit, amelyek a vizsgálatokban fontos szerepet játszanak, feldolgozhatja a mérési adatokat, máshol pedig az elemző munkálatok szolgálatába állítható. Talán felesleges is, hogy a tudományok között külön megemlítsük a matematikát és a logikát: a számítógép matematikai-logikai berendezés. Alkalmazhatóságát illetően itt csak néhány példa felsorakoztatására szorítkozunk.

A laboratóriumokban igen gyakran válik szükségessé a képanalízis művelete. A képek letapogatása: elvileg számítógépre bízható. A gyakorlatban azonban ezt mégsem teszik, mert a számítógép erre a célra akármilyen gyors, lassúnak bizonyul. Ezért rendszerint külön e célra szerkesztett képanalizáló számítógépet használnak. Ez egyszerre csak viszonylag kevés képpontot tapogat le, és azután folyamatosan – adagokban – tapogatja le a többit. Az ilyen célszámítógépek kezelőasztalán egy választókapcsoló áll az operátor rendelkezésére: ezzel különböző programokat kapcsolhat be, azaz a kép letapogatott felületére vonatkozóan különböző számításokat végeztethet el.

Vannak olyan célszámítógépek, amelyek szerencsésen ötvözik az ember képességeit a saját „képesség"-eikkel. A gép „érdekes" és „érdektelen" részletek között nem tud különbséget tenni: az embernek kell kijelölnie a képnek azt a felületét, amelyre vonatkozóan tájékoztatást kíván kapni a géptől. E tekintetben az ember, a gépkezelő, a saját szemének mintafelismerő képességére támaszkodhat. Elegendő egy fénysugárral rámutatnia a kép azon részletére, amelyet „figyelemre méltó"-nak tart. A számítógép ekkor egyedül ebben a részletben végzi el a képelemzést. A számítógép a „látóterében" levő összes objektumok több paraméteres leírá-



sát készítheti el (pl. megmérheti a felületek nagyságát, adatokat jegyezhet fel körvonalaikra vonatkozóan, szürkeségfokukra stb.). Kívánatra ezeket az adatokat elő lehet belőle szólítani az egyes objektumokkal kapcsolatban, és ebben az esetben ezekből következtetéseket vonhatnak le.

Az ilyen képanalizátoroknak az előbb leírt módon a legkülönbözőbb területeken is hely jut nemcsak kutatómunkában, hanem rutinszerű vizsgálatokban is. A lényeg mindig az, hogy a számítógép az adatokat összehasonlítja a memóriájában tárolt minták adataival, és az összehasonlítások eredményeit rendelkezésre bocsátja, ezekből megállapítható: milyen eltérés történt a mintától, a szabványtól.

Képanalizátorral vizsgálják pl. azt a fényképet, amelyet a nyak belső részeiről készítenek átvilágítással. A számítógép összehasonlító munkája alapján esetleg felfedezhetik a rákot megelőző állapotokat. Számítógéppel elemezhetik azt a képet, amelyet a köpet vagy a vér átvilágítása során kapnak. Ilyenkor minták osztályozásáról van szó: vegyes populációkat kell csoportokra bontani. A számítógép megteheti ezt, ha minden egyes adatot összehasonlít a memóriájában tárolt adatokkal, hiszen minden egyes csoportot adatok jellemeznek. A számítógép megfigyeli a látott objektumok geometriai és „denzitometriai" (azaz a sűrűségre, vagyis lényegében a szürkeségfokra vonatkozó) adatait, és ennek alapján osztályozza, ebbe vagy abba a csoportba sorolja őket – mindegyik csoport jellemző adatait megtalálja memóriájában.

Gyárak kutatólaboratóriumaiban a napi gyakorlatban képanalízist alkalmazhatnak az acélgyártás termékeinek minőségi ellenőrzésére vagy más célból. Az ilyen üzemben rendszerint hetenként több száz acélmintát kell megvizsgálni. A mintákat mikroszkóppal vizsgálják, szemcsenagyságaik szerint osztályozzák őket, és kutatják, nem tartalmaznak-e nemesfémzárványokat. A képanalizátor automatikusan működik, másodpercenként 22 teljes képet tapogathat le, 24 különböző paraméterre terjesztheti ki megfigyeléseit. Az adatokat összehasonlítja szabványmintákkal, amelyeket tárol, az eredményeket kinyomtatja, és külön feltüntet minden eltérést a műszaki követelményektől.

Kromatográfiás eljárások vezérlése

A vegyipar kémiai-analitikai laboratóriumaiban számítógéppel vezéreltethetik pl. a kromatográfiás szétválasztási eljárásokat. Naponta igen sok,

különböző mintát vesznek a gyártási folyamat kapcsán, és igény van ezeknek a lehető leggyorsabb feldolgozására, elemzésére. Az elemző műszerek és az általuk szolgáltatott mérési adatok száma olyan nagy, hogy feldolgozásuk „valós időben", vagyis szinte azonnal, számítógép nélkül nem is remélhető. Magukat a (gáz) kromatográfokat nyersanyagok, félkész és késztermékek minőségi ellenőrzésére, a bennük nyomokban is előforduló alkotóelemek mennyiségének mérésére, ezzel kapcsolatban a nyersanyagok tisztaságának ellenőrzésére használják fel. Az eljárás maga abban áll, hogy az anyagkeveréket gáz vagy gőz állapotban áramoltatják a vizsgálókészülékben, ahol is az különböző alkatrészeire (fázisaira) bomlik szét. Ezek az alkatrészek minőségileg és mennyiségileg meghatározhatók. A szétválasztás azon alapul, hogy a szétválasztandó anyag gőzei különbözőképpen oldhatók a nem illó, ún. szétválasztó folyadékokban. A gáz-, illetve gőzáramban haladó alkatrészek vándorlási sebessége különböző, és ezért elkülönülnek. A kevésbé oldható anyagok viszonylag gyorsan haladnak át az oszlopon, a jól oldhatók viszonylag hosszabb ideig tartózkodnak benne. Az elemzésre váró mintát, ha még folyékony formában van, mikrofecskendő segítségével lövik be az oszlop gázáramába, ha már gáz alakban van, akkor gázminta-adagolóval. A hordozó gáz rendszerint nitrogén vagy hélium. Ez egy kemencében elhelyezett oszlopon áramlik át, a kemence hőmérsékletét a minták forráspontjának megfelelően állítják be, és esetleg változtathatják is. A változtatás programját, de a végrehajtását is a számítógépre lehet bízni. A vizsgált anyagkeverék alkotóelemei az oszlop kijáratán már elkülönülve lépnek ki.

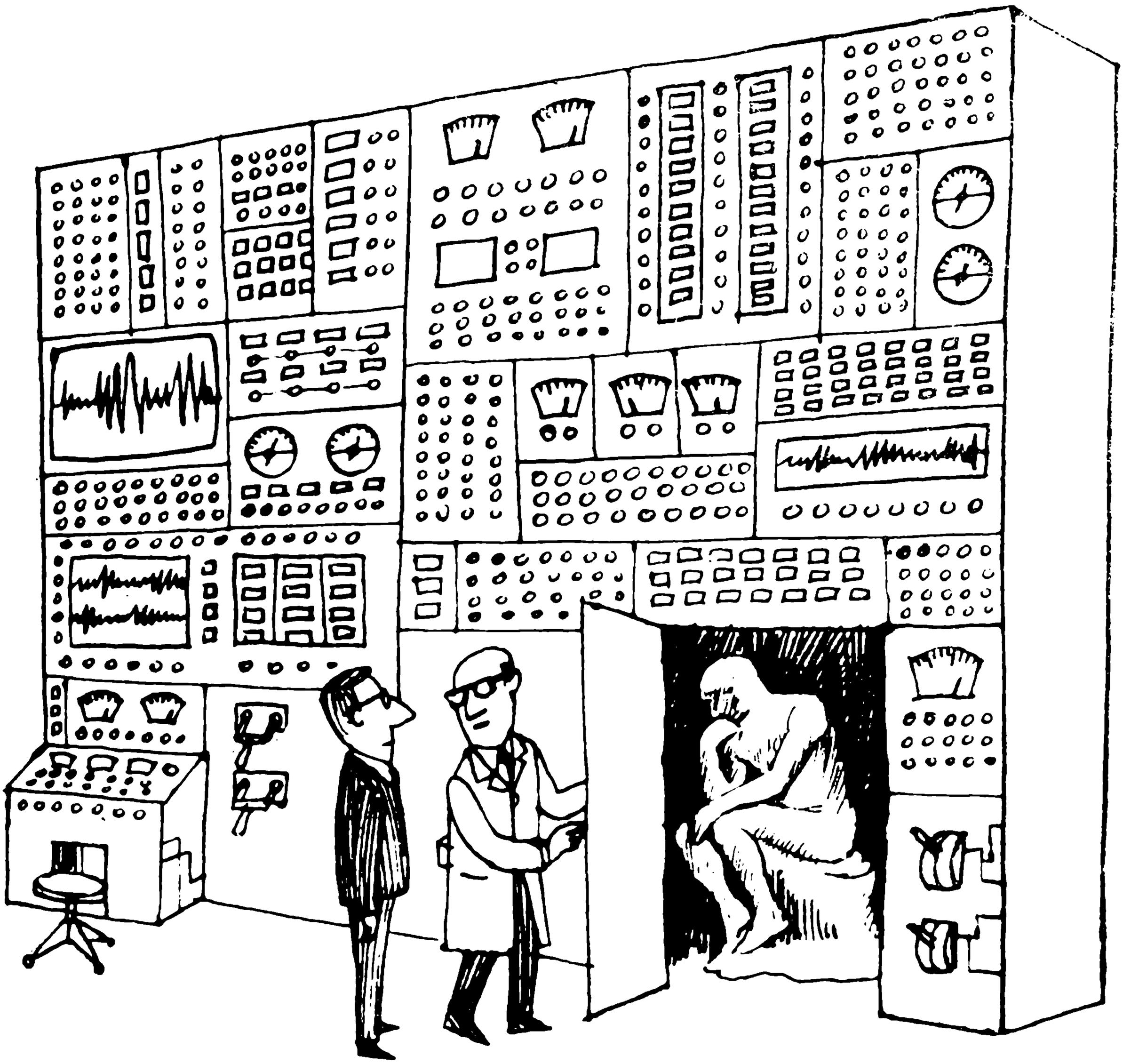
Az alkotóelemek ezután az ún. detektorokon haladnak át, amelyek a reájuk vonatkozó adatokat szolgáltatják. A detektorok kimenő feszültsége aszerint változik meg, hogy milyen anyag áramlik rajtuk át. Ezekből a – detektorok szolgáltatta – adatokból rajzolódik ki az anyagra jellemző ún. kromatogram, az oszlopon kilépő minden alkotórésznek készül egy kromatogramja. A kromatogram rendszerint harang alakú görbe (peak). Maga a harang alakú görbe, illetve az, hogy hol van a csúcspontja (ez a tulajdonképpeni peak) jellemző az anyagra. Ha a kromatogram a vizsgált anyag összes komponenseinek haranggörbéit tartalmazza, akkor minden egyes peak valamely meghatározott komponens jelenlétét jelzi. A számítógép a memóriájában őrzi azokat a peak-értékeket, amelyeket a szabványkövetelményeknek eleget tevő anyag komponenseinek el kell érniük. A valóságosan talált peakeket összehasonlítja a szabvány peak-értékekkel (hitelesítés). Az IBM a MONSANTO (Egyesült Államok)

céggel együttműködve speciális gázkromatográfok ellenőrzésére való rendszert (IBM–1800) fejlesztett ki. Itt a számítógép több hozzá csatlakoztatott gázkromatográf adatait elemzi, valós időben. Ez a rendszer nemcsak ipari laboratóriumokban, hanem kutató-fejlesztő, továbbá kórházi laboratóriumokban is szolgálatba állítható, és nemcsak gázkromatográfok, hanem tömegspektrométerek és más berendezések (pl. a textiliparban vagy máshol szálak szakítási szilárdságát ellenőrző műszerek) is csatlakoztathatók hozzá.

Az agyműködés elemzése

Magasabb rendű állatok agyműködése is elemezhető számítógép segítségével. Ezt teszik – többek között – az Eötvös Loránd Tudományegyetem Összehasonlító Élettani Tanszékén. Macska koponyájáról lenyúzzák a bőrt. A koponyát ún. sztereotaxikus, mondjuk úgy – agycélzó – készülékben helyezik el. Ez a készülék rögzített helyzetben tartja a koponyát. Tekintettel arra, hogy a kifejlődött macskák agya igen nagy közelítéssel egyforma alakú, agyméreteik milliméternyi pontossággal megegyeznek: a sztereotaxikus készülék lehetővé teszi, hogy az agynak pontosan azt a pontját célozzák meg elektródokkal, amelyet kiszemeltek, azaz oda juttassanak elektromos áramot, ahová, illetve onnan vezessenek el elektromos áramot, ahonnan akarnak. A macska él, agyában működnek az idegek. (Igaz, ún. nemsteril kísérlet folyik, vagyis olyan, amelynek a sterilitására nem kell különösebb gondot fordítani, mert az érzéstelenített, elaltatott állat a kísérlet után kimúlik.) A macska agyában keletkező elektromos feszültségeket, az akciópotenciálokat egy (ez esetben 512 csatornás, de esetleg 1024 vagy még több csatornás) analizátorhoz vezetik. Az analizátor szolgáltatta eredményadatokat számítógépbe lehet betáplálni, s a számítógéppel elemző műveletek végezhetők el. A számítógép elemző munkája révén előtűnnek az akciópotenciálok keletkezésének, lefolyásának finomabb részletei, az akciópotenciálok alkotóelemeikre bonthatók.

Ugyanitt, ugyanebben a laboratóriumban állandóra beültetett, ún. krónikus elektródokat ültetnek be patkányok vagy más állatok agyába. Ezeknek az elektródoknak az útján elektromos áramot – elektromos-impulzus-sorozatot – juttathatnak az állat agyába. Így az állatok elektromosan ingerelhetők, és bizonyos határok között tetszés szerinti hatást – agytevékenységet – válthatnak ki bennük. Ha az állatok agyának ún.



limbikus rendszerét ingerlik, akkor hol vad, agresszív viselkedést, hol pedig szelídet idézhetünk elő, és megfigyelhetjük az e magatartásoknak megfelelő agytevékenységet. Az agy akciós áramainak elektromos jelei elvezethetők, műszerekbe juttathatók, a műszerek mérte eredmények pedig számítógéppel elemezhetők. Ebben az esetben is mód nyílik az akciópotenciálok lefolyásának részletes – számítógép segítsége nélkül meg nem valósítható – leírására.

A Számítástechnikai Koordinációs Intézet és Országos Idegsebészeti Tudományos Intézet együttműködésében olyan programot („Macska"-programot) dolgoztak ki, amelynek segítségével az agyi elektromos tevékenységet rögzítő elektroenkefalogram nagyon részletesen elemezhető.

Ennek során olyan agyi folyamatokat vizsgálnak, amelyek „tanulás", azaz a feltételes reflexek kialakulása során zajlanak le. Azokat az akciópotenciálokat vezetik el, amelyek az agy érintett, specifikus területén keletkeznek. A kiváltott potenciálokat átlagolják, elkészülnek az egyidejű elektroenkefalogram ún. autokorrelogramjai (ezek mintegy az elektroenkefalogram belső viszonyait jelzik). Ezeket sokcsatornás digitális analizátorba vezetik. Az analizátorból kapott adatokat számítógépen dolgozhatják fel. A számítógép számára készült „Macska"-program tulajdonképpen programcsomag, amely különböző alprogramokból áll. Mindhogy többféle elemzés követelhető meg a számítógéptől, többféle program szükséges, ezek a feladat jellegének megfelelően összeállíthatók az alprogramokból. A számítógép grafikont készít, megkeresi az ún. szélső értékhelyeket stb. A számítógép elemző munkája a korábban „rejtett" összefüggések feltárását segíti elő.

Kémiai kísérlet, hullámfüggvény, molekulamodell

Számítógép fizikai és kémiai problémák megoldására is fölhasználható. Ebben az esetben vagy mérési adatokat elemezhetnek vele, vagy pedig szimuláltatnak vele folyamatokat, és ezek eredményeit kérik tőle. A számítógépben kémiai kísérleteket is lehet szimulálni, le lehet játszani azokat. Ilyenkor mintegy a számok közegében lejátszódik az, ami – a valóságban – a laboratóriumban történnék. Ez különösen hasznos lehet akkor, ha olyan kísérletről van szó, amelyet gyakorlatilag nem is lehetne lefolytatni, mert a benne szereplő anyagok gyorsan rozsdásodnak, vagy csak nagyon rövid ideig, nagyon magas hőmérsékleten állanak fönn stb. Az ilyen kísérletekkel tanulmányozhatják pl. a kémiai kötések természetét. Két atom között akkor áll fenn kémiai kötés, ha bizonyos egyensúlyi helyzet valósul meg a magjaik között. Bármely eltérés ettől a helyzettől magasabb energiaállapotokhoz vezet el. A kémiai kötés ugyanis a legalacsonyabb energiaszintet valósítja meg, abban az értelemben, hogy alacsonyabb, mint a vele versengő kémiai reakciók kínálta energiaszintek. A számítógépben le lehet játszani olyan kísérletet, amelyben egy ilyen kémiai kötés létrejön. Eközben meg lehet figyelni sok olyan részletet is, amelyet valóságos kísérlet lefolyása esetén nem lehetne megfigyelni. Így pl. meg lehet figyelni azokat az energiaváltozásokat, amelyek az egymással reagáló atomok közeledésekor zajlanak le.

Lássunk egy példát a fizikából. A kvantummechanika alapvető hullámegyenleteit is tanulmányozták számítógép segítségével. Ezek az egyenletek igen sok bonyolult számítást igényelnek. Gyakorlatilag minden szükséges számítás el sem végezhető. A Schrödinger-féle hullámfüggvénynek különböző feltételek egész sorát kell kielégítenie. Ilyen pl. az, hogy a rendszer energiája „kvantált", ami annyit jelent, hogy a rendszer csak bizonyos meghatározott energiaállapotokon állhat fenn. Ilyen feltétel az is, hogy az egyes részecskék helyzetét nem lehet pontosan meghatározni, csak azt lehet kifejezni, mekkora valószínűséggel találhatók meg a tér bizonyos részeiben. A Schrödinger-féle hullámfüggvények alapján egy kétatomos molekula elektronpályáinak képét, illetve molekulamodelljét: 15 matematikus egy esztendei munkája árán lehetne kiszámítani. Nos, a számítógép lehetővé teszi az ilyen számítások percek alatti elvégzését.

A számítógép nemcsak kiszámítja azokat a molekulamodelleket, amelyek a Schrödinger-féle hullámfüggvények – optimális – megoldásaiból következnek, hanem egy képernyőre ki is vetíti őket. A kutató így nemcsak a modell számadatait kapja meg, hanem a grafikai illusztrációját is. A kutató azután – ugyancsak a számítógépben, a számok közegében – a legkülönbözőbb helyzetekbe, állapotokba viheti az így előállott molekulamodellt, ez „élethűen" utánozni fogja az igazi molekula minden mozgását, változását. Az ilyen molekulát – ott, a számok közegében – gerjeszteni lehet, azaz el lehet rendelni, hogy bizonyos elektronjai ugorjanak magasabb energiaszintre. Az ilyen molekulát ionizálni lehet, vagyis le lehet szakítani róla elektronokat. Az ilyen molekulát rezegtetni lehet, azaz ki lehet számíttatni a géppel rezgésének jellemzőit stb. Ilyen jellegű programok készültek pl. az Argonne National Laboratoryban *(Arnold C. Wahl)*.

Bionika

A számítógépnek azt a képességét, hogy modellezheti biológiai, élő rendszerek működését, használják ki a bionikában (elektrobionikában). A Szovjetunióban többek között *Viktor Akunov* dolgozta ki a bionika alapjait. A számítógéppel pl. modelleztetik egy magasabb rendű élő állat valamely működésének mind anyagi, mind energia-, mind pedig információs vonatkozásait. Ezek rendszerint együtt találhatók meg, illetve követik egymást. Egy ragadozó mondjuk keresi a táplálékot (információs

folyamat), üldözi a zsákmányt, majd küzd vele (energiafolyamat), megemészti a táplálékot (anyagot feldolgozó, anyagcsere-folyamat). A számítógéppel modelláltathatók ezek a folyamatok, és ebben az esetben különböző jellegzetességeiket számíthatják ki. A szelekció, a mutáció folyamatai is lepergethetők a számítógépben, – statisztikai megközelítéssel. A bionika tudósai úgy vélik, ha ellestük azokat a törvényeket, amelyek szaporítják, osztályozzák, családokba, rendekbe sorolják az élőlényeket: akkor alkalmazhatjuk ezeket a törvényeket a gépek vonatkozásában is. Ha megfigyeljük az állatok információ-, energia- és anyagfeldolgozásának folyamatait, akkor az ezekből hasznosítható tapasztalatokat beépíthetjük technológiánkba. És ellenkezőleg: a bionikusok a gépeket sem azért vizsgálják, hogy csak magukat a gépeket tökéletesítsék, hanem azért, hogy jobban megérthessék a segítségükkel a biológiai rendszerekben uralkodó törvényszerűségeket. Végül a bionika olyan rendszereket is vizsgál, amelyekben mind az élet, mind a technika törvényei megjelennek: ilyen pl. az „ember–gép-" és ilyen az „ember–állat–gép"-rendszer. A bionikusok őrzik azt a reményt, hogy mindezen ismeretek alapján felépíthető egy olyan általános biológia és vele kapcsolatban egy olyan általános teoretikus géptudomány – a mesterséges és a természetes gépek tudománya –, amelynek segítségével nagy bonyolultságú „biológiai gép"-eket tervezhetnek és építhetnek meg. De addig is, amíg e messzetekintő célok közelébe érhetünk: a bionikusok az új ismereteken alapuló új eljárásokkal kívánják gazdagítani az ipar termelési folyamatait. A bionikusok ismereteik megszerzéséhez, vagyis a természet eljárásainak felderítéséhez számítógépeket használnak, számítógépekben modelleznek, szimulálnak, számítanak stb.

A bionikával függ össze az az új irányzat, amely az emberi idegrendszer jeleivel (elektromos impulzusaival, bioáramokkal) vezérelhető művégtagok, illetve eszközök (manipulátorok) megalkotási lehetőségeinek feltárását tűzte ki célul. Manipulátorokat már viszonylag hosszú idő óta alkalmaznak. Azokkal az elektromos impulzusokkal (akciópotenciálokkal), amelyekkel az ember szervezete, idegrendszere vezérli a kéz izmainak a működését: vezérelnek egy távollevő, mesterséges „kez"-et, s az végrehajtja azokat a mozdulatokat, amelyeket az emberi kéz végez el. Ténylegesen az történik, hogy az ember keze megtesz egy mozdulatot – pl. emelő segítségével megragad egy tárgyat –, és a manipulátor, amely távol van, de elektromos vezeték útján megkapja az ennek megfelelő impulzussorozatot, megteszi az ennek megfelelő mozdulatot: szintén megragadja

a tárgyat. Ilyen manipulátorokkal végeztetnek műveleteket pl. atomreaktorok sugárzásveszélyes terében és máshol. Olyan protéziskezek és -lábak is megszerkeszthetők, amelyek a megmaradt csonkokra szerelve átveszik az idegrendszer impulzussorozataival közvetített parancsokat, és végrehajtják őket.

A nyelvészetben

De a számítógép nemcsak a természettudományokban, hanem a humántudományok birodalmában is honossá vált. Ma már a humántudományok is „matematizálódnak", ami azt jelenti, hogy művelőik igyekeznek minél több adat földolgozása, továbbá matematikai összefüggések, szabályszerűségek feltárása révén egzaktabbá tenni azokat. Ezt a számítógép teszi lehetővé, ebben a számítógép segítségét várják. Itt vannak pl. a nyelvtudományok. Matematikai jellegű grammatikák („generatív" nyelvtanok) születnek, matematikai eljárásokon alapuló szövegelemzéseket végeznek, gépi fordítások elvégzésére utasítják a számítógépeket stb. Emellett számítógéppel fejtik meg kihalt nyelveken megírt leletek titkát. Itt rengeteg a közismert példa. Egy a sok közül: *Asko* és *Simo Parpola*, valamint *Seppo Koskenniemi* meg *Pentti Aalto* finn nyelvészek, akik az IBM finnországi kutatóintézetében dolgoznak, számítógépet vettek igénybe az Indus mentén talált több mint kétezer vésett pecsételő szimbólumainak megfejtésére. Ezeket a pecsételőket akkor találták – 1928-ban –, amikor a mai Pakisztán területén ásatások folytak az Indus-folyó völgyében lelt ősi város feltárására. A pecsételők korát mintegy 4000 –4500 évre becsülik. Az összes szimbólumokat (írásjeleket) alkalmas alakban számítógépbe táplálták be. Megfelelő program útján felkérték a számítógépet, vizsgálja meg a szimbólumok előfordulásainak gyakoriságait. Ezt összekapcsolták olyan vizsgálatokkal, amelyek figyelembe vették a szimbólumok elhelyezkedését a többi szimbólum környezetében, s mindezekből következtettek a szimbólumok szerepére és jelentésére. Így sikerült a pecsételőkön talált 300 alapjelből mintegy 30-nak a jelentését kideríteniük. A Regensburgi Egyetem számítógépén olyan programot futtattak, amely a Trisztán és Izolda témakörben keletkezett „felnémet" verseket összehasonlította az ugyanezen témában Luther idejében keletkezett prózai feldolgozással. Vizsgálták, milyen különbségek jelentkez-

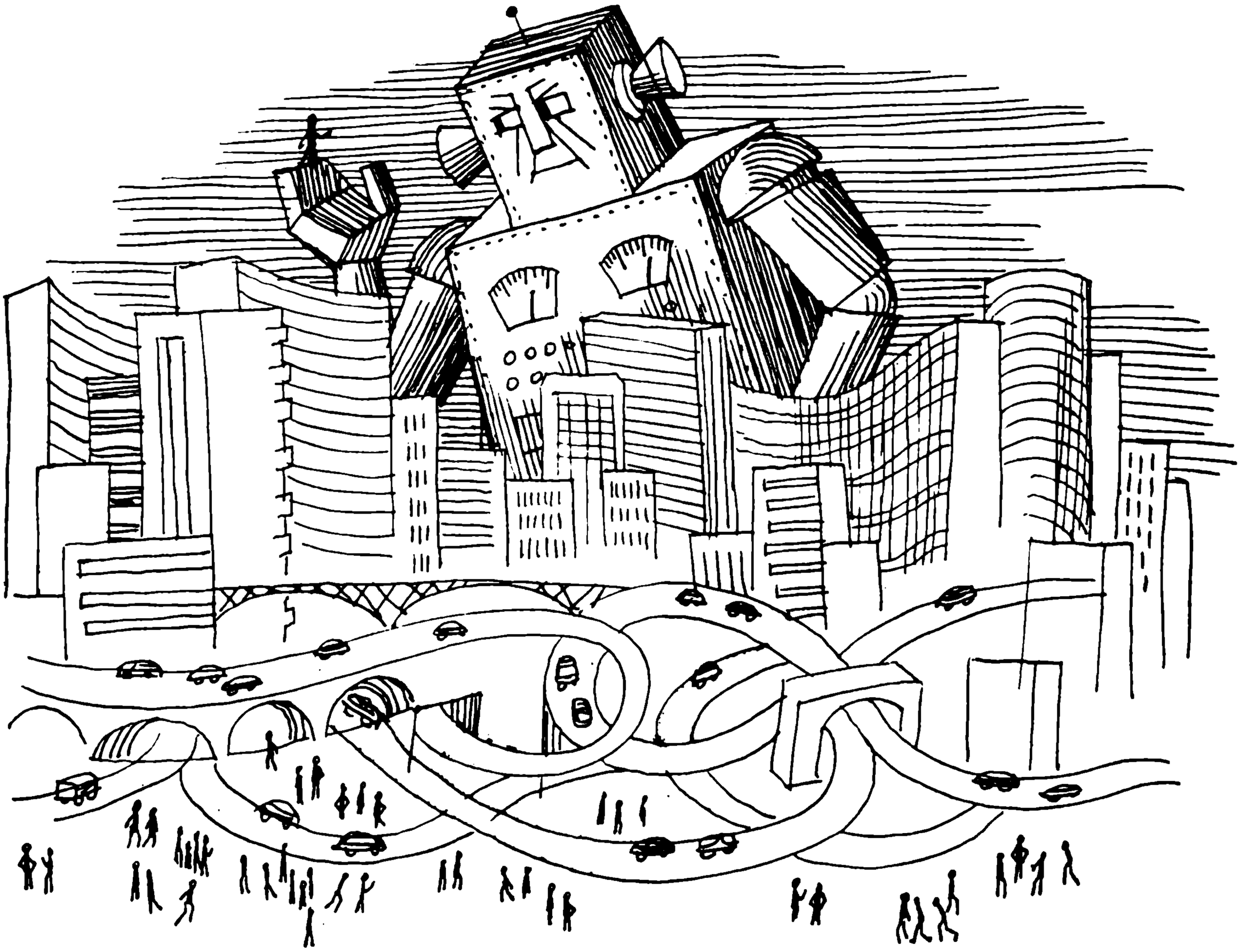
nek a szavak megválasztásában, a szintaxis, a szólásformák stb. tekintetében.

De magyar példa is akad e területen. 1960-ban az MTA Számítástechnikai Központjában számítógépes nyelvstatisztikai vizsgálatot folytattak le, vizsgálták pl. azokat a különbségeket, amelyek a hangok, szavak használatában rétegenként és nemzedékek szerint is jelentkeznek nyelvünkben. Elemezték *Szabó Lőrinc*nek „A sátán remekei" című ciklusát és *Juhász Gyula* 1924 és 1934 között írt 59 válogatott versét, megállapították azokat a jellemzőket, amelyek vallanak költői stílusokról, költői alkatokról is.

A társadalom tanulmányozásának nehézségei

A számítógép különösen nehéz feladatokat old meg akkor, amikor a társadalomtudományokban alkalmazzák. Érdekesek ezzel kapcsolatban *Ithiel de Sola Pool* („Der Computer in der sozialwissenschaftlichen Forschung") megállapításai. Részben reá, részben más kutatókra hivatkozunk, amikor rámutatunk azokra a sajátosságokra, amelyek a társadalomtudományi kutatásokkal általában együtt járnak, amelyek a kutatásnak ezen a területén szélsőségesen bonyolulttá teszik a munkát, és amelyek éppen ezért szinte kiáltanak a számítógép után.

A társadalomtudományok igen sok változó segítségével ábrázolják a rendszereket. Ebben jelentősen különböznek a természettudományoktól, ahol a változók száma nagyon gyakran csekély. Az ún. Gay-Lussac-törvényben pl. csak két változó szerepel, a hőmérséklet és a nyomás: ezek segítségével pontos előrejelzések számíthatók ki. A társadalomtudományok vizsgálta területeken a változók száma igen nagy lehet. Változóként szerepelhet a társadalmi osztály, a neveltetés, a kor, a nem, a vallás, a házasság ténye, az a körülmény, hogy valaki vidéken vagy városban lakik-e stb. De bizonyos vizsgálatokban olyan tényezők is ide sorolhatók változókként, mint pl. a család, a barátok, a szomszédok, a munkatársak befolyása valamely személy magatartására vagy éppen ennek a személynek a belső „beállítottsága". Az a körülmény pl., hogy miképpen alakul ki egy városi lakónegyed, igen sok tényezőtől függ. Ezek közé tartozhatnak: az adózásra vonatkozó törvények, a közlekedési lehetőségek, az ipartelepítés stb. Így a társadalmat leíró modellekben sokszor nehéz megragadni egyetlen olyan változót, amelyet dominánsnak lehet tekinteni, s



amelyet döntő láncszemként megragadva ellenőrizni lehetne a folyamatokat, illetve megbízható előrebecsléseket lehetne tenni a társadalom fejlődését illetően. A kölcsönhatások igen nagy számáról van szó. Sokváltozós elemzésekre van szükség.

Bizonyos társadalomtudományi elméletek rendszerint laboratóriumi körülmények között állnak helyt, ott esetleg kitűnően előre lehet becsülni a segítségükkel pl. a személyes beállítottság változását; de ritkán állják meg a helyüket az élet valóságos körülményei között. Az elméletek mesterséges körülményekre vonatkoznak, amikor is a kísérleti személyeknek holmi feladatokat kell megoldaniuk. Amikor az elméleteket a valóságra kell vonatkoztatni, akkor általában a vélekedéseikre vonatkozó kérdések értékelésére kerül sor. Márpedig a társadalomtudománynak a „természetes" környezet feltételei között kell jól működnie – ez általános követelmény –, s nem csupán jól ellenőrzött kísérleti feltételek között. Minél pontosabbakká válnak valamely szociometriai eljárás megállapított körülményei, annál kevésbé tekinthető a valóság tekintetében közvetlenül illetékesnek, inkább csak a meghatározott szituáció tekintetében

lehet tipikus. De a szociometriai mérések egyébként is rendszerint csak valamely meghatározott terület, idő és embercsoport tekintetében adhatnak érvényes eredményeket. Ebből következik bizonyos társadalomtudományi kutatások túlnyomóan fenomenologikus (a jelenségeket leíró) jellege.

Ehhez még hozzá kell tennünk azt, hogy a társadalomtudományi kutatások során a változók gyakran az időben is változnak. Ugyanaz a személy – az időben vizsgálva – más és más személynek tűnhet, minthogy az élettapasztalata változik. Ugyanaz a személy így más-más időpontokban, egyébként azonos körülmények között is másként-másként oldhatja meg ugyanazt a feladatot. Ezért az emberi magatartás leírására nemigen használhatók fel pl. a *Markov*-láncokon alapuló modellek (a Markov-láncok olyan láncok, amelyeknek a szemei bizonyos valószínűségekkel követik egymást, és mindegyik láncszem bekövetkezésének a valószínűsége csak az előző láncszemtől függ). Meg kell alkudni azzal a ténnyel, hogy a társadalomtudományi kutatások legtöbb modelljének legalábbis néhány változója függ az időtől.

Külön gondot jelent, hogy a társadalomtudományi kutatások emberekre vonatkoznak, márpedig az emberek tudatosan cselekszenek. A kutatás tárgyai ez esetben intelligens lények. Az emberek tudatosan másképp cselekedhetnek, mint ahogy azt a társadalomtudósok prognózisai elvárják tőlük, és ezzel semmissé tehetik az előrebecsléseket. A nyugati világban tipikus példát szolgáltat erre mondjuk a tőzsde. Ha bizonyos jelek alapján az várható, hogy az árfolyamok holnapután emelkedni fognak, akkor az árfolyamok nyomban emelkedni kezdenek, nemcsak holnapután. Itt tulajdonképpen csak valamely különleges esetével találkozunk annak a természettudományokból jól ismert jelenségnek, hogy a mért jelenséget maga a mérés változtathatja meg. A társadalomtudományokban gyakoriak az olyan prognózisok, amelyek valamely cél elérését elősegíteni vagy hátráltatni hivatottak.

A társadalomtudományi prognózisok maguk: számos gyakorlati mérés eredményeitől függenek; viszont maga a mérés: rendszerint a fő probléma. A társadalomtudós általában statisztikai adatokra kénytelen támaszkodni. A statisztika nagyon pontos lehet ott, ahol a mérendő mennyiségek számszerűen kifejezhetők, de alig kielégítő ott, ahol ilyen számszerűségről nem lehet szó. Hogyan lehet számokkal kifejezni azt, mennyire elégedett valaki a helyzetével vagy mennyire elégedetlen, milyen az egészségi állapota, milyen a politikai stb. beállítottsága? A neveltetés, a

képzés körülményei is csak megalkuvással szoríthatók számszerű keretek közé. Az ún. intelligenciahányadosok vagy a közvéleménykutató intézetek adatai: bizonyos támpontokat szolgáltatnak, de távol vannak a természettudományos mérésekben elérhető egzaktságtól.

Modell a szovjet munkásosztály differenciálódásáról

Mindamellett, mindezen nehézségek ellenére a társadalomtudományi mérések és elemzések lehetségesek, és a velük kapcsolatos eljárások tökéletesednek. Maga a társadalmi szerkezet is vizsgálható matematikai eljárásokkal, számítógép segítségével. *I. N. Taganov* és *O. I. Skaratyan* (Leningrád) szovjet kutatók ilyen kutatásokat végeztek. Társadalmi struktúrán ők: társadalmi csoportok szerves összességét, emberek (osztályok, nemzetek, termelési és lakóhelyi kollektívák stb.) történelmileg kialakult közösségeit és a közöttük kialakult kapcsolatokat, viszonyokat értik; az ilyen struktúrák meghatározott gazdasági struktúra alapján alakulnak ki. A társadalmi struktúra a társadalmi kapcsolatok széles területére terjed ki. A társadalmi struktúra alapvető elemei az egyének, akik egyidejűleg más társadalmi struktúra elemei is lehetnek. Minden társadalmi csoport: csak valamely meghatározott minőségben tekinthető társadalmi csoportnak. Azoknak a kapcsolatoknak a száma, amelyek a társadalmi struktúrában jelentkeznek, gyakorlatilag végtelen, ki kell választani közülük a vizsgálat szempontjából lényegeseket; az ilyen ismérvek felderítése nehéz, mérésük még nehezebb.

A társadalmi struktúra megismerésében való elmélyülés nem haladhat a kevésbé elemitől az elemibb felé, mint ahogyan az pl. a fizikában egész sor esetben történik. Ha e területen átmegyünk a jelenségek vizsgálatának egyik síkjáról a másikra, akkor minőségi változással találkozunk, és esetleg éppen magának a társadalmi jellegnek a szem elől tévesztését okozhatja ez; ha a társadalmi jelenségeket technológiai vagy pszichológiai szinten kutatjuk, „elveszítjük" a szociológiai szintet. A vizsgálatban meg kell határozni azokat a sajátosságokat, amelyek szerint valamely összesség egésznek, igazi összességnek ítélhető, és azokat a sajátosságokat is, amelyek ezen az egészen, összességen belül különbözőségekre vezethetnek. Ha nincs egyértelmű kritérium azoknak az ismérveknek a kiválasztására, amelyek szerint ez a meghatározás történhet, akkor az elemzés hatásos-

sága elégtelen lesz. Külön nehézséget okoz a már megtalált ismérvek fokának, erősségének számszerű megjelölése.

Ha megtaláltuk azokat az ismérveket, amelyek valamely csoportot jellemeznek, és megtaláljuk a módját annak, hogy számokkal fejezzük ki ezeknek az ismérveknek a fokát, az erősségét: akkor a csoport *n* dimenziójú logikai vektorok statisztikájaként írható le. Itt az *n* ismérvek száma. Minden ismérv számára meg lehet állapítani fokozatokat (logikai fokokat). A csoport valamely tagjára – valamely egyénre – vonatkozó információ itt egy logikai vektor. Az ilyen vektorok összességét „logikai tér"-nek nevezzük. Taganov és Skaratyan említett vizsgálatuk keretében ilyen logikai térben ábrázolta az ipari munkások csoportját.

Ha az ilyen logikai térben valamely társadalmi csoportot akarunk megkeresni, elkülöníteni, azt kell megtalálnunk, hogy az erre a csoportra jellemző vektorok hol találhatók, hol fordulnak elő a legsűrűbben, hol a legkisebbek az eltérések az átlagtól. Természetesen jól kell kiválasztani az ismérveknek azt a kombinációját, amelyek a vizsgált közösséget a legéleseben különítik el a többitől. Matematikailag ez az eljárás függvények maximumainak és minimumainak a meghatározására vezet. Az ilyen eljárás nem mindig lehetséges. Sokszor célszerűnek bizonyul a valószínűségszámítás, az információelmélet eszközeinek a felhasználása.

A szerzők a szovjet munkásosztály bizonyos differenciálódását elemezték. A számítások ahhoz a következtetéshez vezettek, hogy az osztálynélküli társadalom építésének folyamatát maguknak az osztályközösségeknek mélyreható strukturális változásai kísérik, amelyek során a különleges osztályvonások mindinkább eltörlődnek, és olyan új vonások jelentkeznek, amelyek a távlatban megvetik az alapját a kommunista dolgozók társadalma kialakulásának. A vizsgálatok alapja kérdőíves felmérés volt. Ez lehetőséget adott olyan információk megszerzésére, amelyek az osztályon belüli összefüggésekre vonatkoztak. A kérdőív 54 ismérvre vonatkozott, ezek közül 27 olyan ismérvet választottak ki, amelyek az egyének osztályozásában a leglényegesebbeknek bizonyultak.

Adatbank és magántitok

Miután a társadalomkutatás igen adatigényes terület, természetesen merül fel a gondolat, hogy speciális társadalomkutatási adatbankokat kellene megteremteni. Sőt olyan eszmével is előálltak, hogy a világ népességével

kapcsolatos legfontosabb mozgások, változások megállapításához és előrejelzéséhez szükséges adatokat tartalmazó adatbankra lenne szükség. Végső soron egyetlen egységes nemzetközi társadalmi adatbank megteremtésére kellene törekedni. Ez, részben a tudományok jelenlegi szintje miatt aligha valósítható meg, amikor még maga az adatgyűjtés módszerei, céljai sem kellően kimunkáltak, ráadásul nagyon költséges lenne egy ilyen bankot üzemeltetni, mi több „naprakészen", s a társadalmi és velejáróan politikai megosztottsága az emberiségnek, napjainkban még ugyancsak az utópiák közé sorolja a világméretű adatbankok megvalósítását. Más a helyzet országos társadalomkutatási adatbankok megteremtésével kapcsolatban. Egy világméretű adatbank gondolata a maga teljességében akkor válhat majd valóra, ha a Földön uralkodó társadalmi állapotok lehetővé teszik. Abban azonban nagyon mélyen egyetértünk az eszme irányával, hogy a társadalmi jelenségek meghatározott, korlátozott körére vonatkozóan már most is ki lehetne építeni olyan társadalmi adatgyűjtő és adatfeldolgozó hálózatot, amely az érintett problémák tisztánlátásában és a velük kapcsolatos fejlődési trendek előrejelzésében semmi mással sem pótolható hasznot hajthatna.

És valóban, társadalmi adatbankok az egyes országok szintjein már kezdenek kiépülni, ténylegesen, részletekben meg is valósulva, az adatok mind szélesebb körére terjedve ki. A fejlett tőkés ipari országokban emiatt aggodalomnak adnak hangot: az adatbankok fenyegetik a magántitkok mind mostanáig féltve őrzött emberi kiváltságait, lerombolhatják a magánélet szentélyének a falait.

Alan Westin, a Columbia Egyetem tanára „Privacy and Freedom" („Magánélet és szabadság") című munkájában arra mutat rá, hogy az Amerikában köz- és magánügynökségek kezében levő adatbankokban összegyűjtött adatokat olyan információk megszerzésére használhatják fel, amelyek magánjellegűek, a magánéletre vonatkoznak. És kihasználhatók az egyedek ellen. Az 1970-es évek egyre szaporodó belpolitikai botrányai (Watergate-ügy, CIA-kémkedés stb.) arra utalnak, hogy nem alaptalanul aggódnak emiatt. Mások az adatbankok, a számítógépek tévedéseitől tartanak, ezek is rombolásokat vihetnek véghez emberi sorsokban. Angliában a Konzervatív Jogászok Társasága és a Polgári Szabadságjogok Nemzeti Tanácsa fejezte ki aggodalmát azzal kapcsolatban, hogy az adatbankok téves információkat szolgáltathatnak az egyénekről. „Mi lesz, ha valamelyik minisztérium három törvénytelen gyereket tulajdonít majd egy polgárnak, egy hűséges férjnek, egy odaadó anyá-

nak?", vagy azt jelzi, hogy „csődbe ment egy ember, akinek sohasem volt adóssága"? Amerikában már most is tíz-húsz különböző kormányhivatal őriz különböző adatokat ugyanarról a személyről. Mi lesz – kérdezik –, ha a számítógépek révén „azonnali adatok" szerezhetők mindenkiről, ha a regionális számítógépek központi adatgyűjtőbe küldik információikat?

Óvatossági rendszabályokat ajánlanak. Így az Egyesült Államokban is, Angliában is fölmerül olyan javaslat, hogy az állampolgároknak biztosítsák a hozzáférés jogát az állami adatbankokban róluk őrzött feljegyzésekhez; kívánságukra, meghatározott időközökben szolgáltassák ki nekik ezeket az adatokat, hogy ellenőrizhessék pontosságukat és azt is, vajon nem történt-e meg illetéktelenek való kiszolgáltatásuk. Technikai biztosítékokat is követelnek: a számítógépekbe építsenek be olyan utasítást, hogy csak azoknak szolgáltassanak ki adatokat, akik illetékesek, és akik ezt azonosságuk igazolásával bizonyítják. Ki lehet itt illetékes? Például ugyanazok a tisztviselők, akik a számítógépbe betáplált adatokat már korábban – írott formájukban – is látták stb. A számítógépeknek meg kell kérdezniük azt is, hogy az érdeklődő milyen célból kíván hozzáférni az információkhoz. A számítógépnek minden érdeklődést fel kell jegyeznie, és időről időre kimutatást kell készítenie a kérdezősködésekről s arról, hogy miként tett eleget nekik, hogy ilyen módon fel lehessen fedezni az esetleges visszaéléseket. Biztosítékként azt is ajánlják, hogy az egyes személyekre vonatkozó adatokat tárolják külön-külön. Amennyiben ezekhez mégis hozzá kell férni statisztikai célokból, akkor a számítógép név nélkül szolgáltassa ki őket. Jogszabályokat követelnek: különleges bíróságok ítélkezzenek az információkkal történő visszaélések eseteiben, esetleg nyilvánítsanak semmiseknek olyan ügyleteket, amelyek kétséges számítógép-adatokon alapulnak. Etikai kódex kidolgozását sürgetik az adatbankokkal kapcsolatban. „Házőrző kutya bizottság" felállítását kívánják az adatbankokban tárolt információk felhasználásának folyamatos ellenőrzésére.

A szocialista társadalomban nem merülnek fel aggodalmak a társadalmi adatbankok létesítésének következményeit illetően, minthogy az állampolgároknak az államhoz való viszonya alapvetően különbözik a tőkésállamokban érvényesülőktől, minthogy hiányoznak a tőkés gazdasággal kapcsolatos ügyletek és így a velük kapcsolatos visszaélések is. Ez azonban egyáltalában nem jelenti azt, hogy a mi világunkban nincs szükség arra, hogy a magánélettel kapcsolatos adatokat az illetéktelen kíván-

csiskodóktól megvédelmezzék. Egyébként a szocialista országokban is – mint bárhol a világon – távol vagyunk attól, hogy országos méretű, kiterjedt társadalmi adatbankok valósulnának meg. Részleges adatbankok azonban létrejönnek, hazánkban is.

Nemcsak a társadalomtudományokban, hanem maguknak a társadalmi folyamatoknak leírásában és előrejelzésében is egyre nagyobb tere lesz a számítógépnek, az adatbanknak. Mutatóban említünk néhány példát. Miskolcon – kísérletképpen – adatbankot valósítottak meg az öröklési jogra vonatkozó jogszabályokból, s olyan programmal látták el a számítógépet, amelynek alapján valamely adott jogi esethez a vonatkozó jogszabályok kiszólíthatók. Ezt a gyűjteményt természetesen állandóan karban kell tartani, be kell táplálni a gépbe az új hatályos jogszabályokat, és gondoskodni kell az érvényüket vesztett jogszabályok kiselejtezéséről.

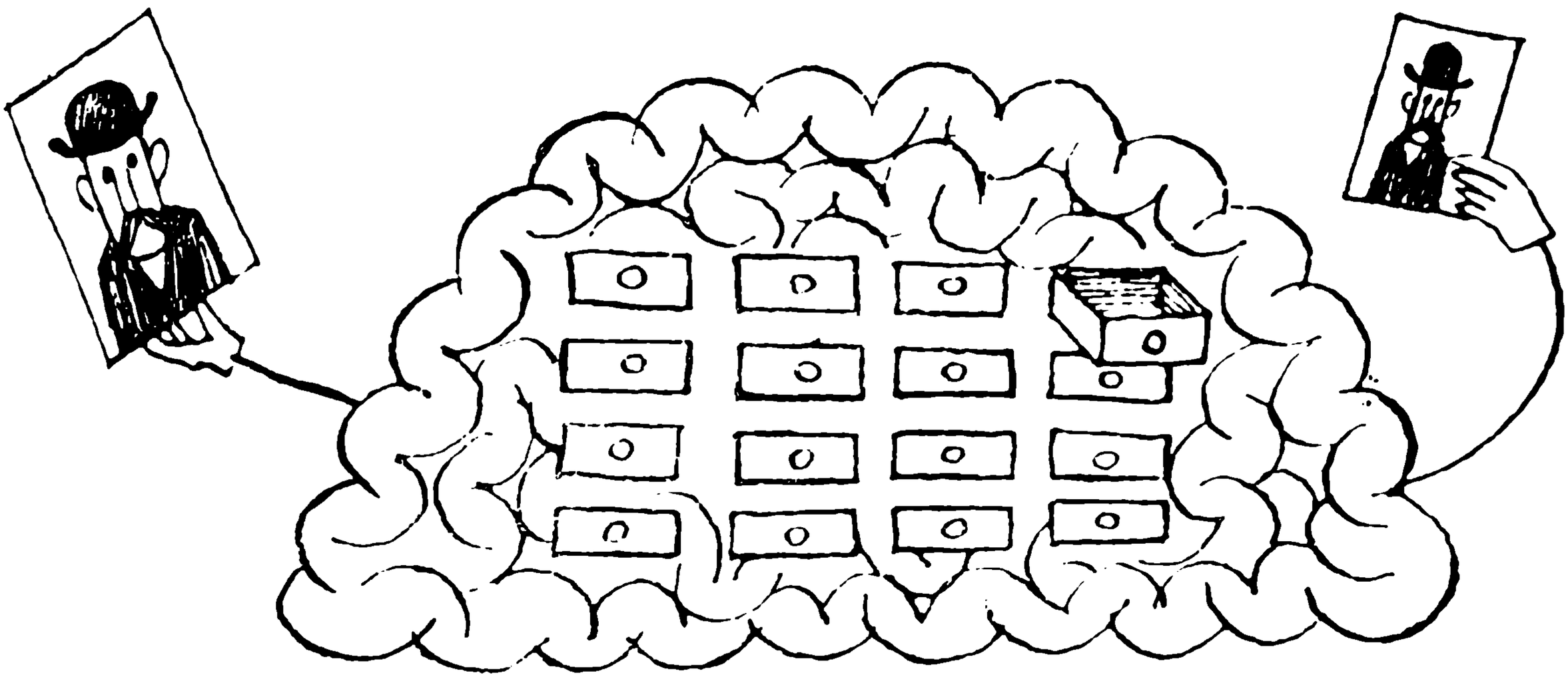
Választások eredményeinek előrebecslése

Közismert, hogy több nyugati országban programokat dolgoztak ki választások eredményeinek előrejelzésére. Ezek a programok a választóhelyiségeknek egy bizonyos mintasokaságát veszik figyelembe. Ezt a mintasokaságot úgy választják ki, hogy a választóhelyiségek teljes tömegét képviselje. Az NSZK-ban pl. ebben a mintasokaságban olyan arányszámban szerepelnek „katolikus" és „protestáns" választóhelyiségek, amilyen arányban a valóságban is előfordulnak. A mintasokaság megfelel a lakosság megoszlásának foglalkozás, társadalmi helyzet (munkás, alkalmazott, hivatalnok, önálló stb.) szerint, helyet kapnak benne az egyes pártok „fellegvárai", de ugyanígy a kétes területek is, amelyek beállítottsága bizonytalan. Ezekre a választóhelyiségekre vonatkozóan megadják több korábbi választás tényleges eredményadatait. Amikor magára a választásra sor kerül, akkor a gépbe befolynak a szavazócédulák számlálására vonatkozó új eredményadatok is. A gép az előrebecsléseket a mintasokaságra vonatkozó régi és új eredményadatok alapján végzi. A gép olyan program alapján jár el, amely a régi választások és az új választás eredményeinek a különbségei alapján becsüli a várható eredményeket. Eközben figyelembe vesz bizonyos „korrekciós együttható"-kat, „súlyozó faktor"-okat, amelyek bizonyos becslésszerű pontossággal megfelelhetnek a közvéleményben a régi választások óta bekövetkezhetett eltolódásoknak.

Minthogy a számítógép mindezt nagyon gyorsan hajtja végre: már két-három órával a szavazóhelyiségek bezárása után elég nagy közelítő pontossággal közli a választások végeredményét. Eközben természetesen óvatossági rendszabályokat is betartanak. Amikor telefonon vagy telexen beérkezik valamely választóhelyiség eredménye, akkor azt mielőtt a gépbe engednék, előbb egy ellenőrzőasztalra bocsátják. Az ellenőrzőasztalt ugyancsak számítógép működteti: megvizsgálják, mekkora az eltérés a közölt adatok és a választóhelyiség régi adatai között. Bizonyos eltérés esetén az ellenőrzőasztal valószínűtlennek tartja az új eredményt, ilyenkor kinyomtatja a régi és az új eredményt, az emberre bízva, a „megbízhatósági vizsgálat"-ot.

Közvéleményelemzés

Számítógépet alkalmaznak tömegkommunikációs eszközök (újságok, rádió, televízió) közvéleményformáló hatásának elemzésére. De még azt is lehet számítógéppel szimuláltatni, hogy miképpen viselkednének a vezetők valamely feltételezett nemzetközi válság esetén. Ithiel de Sola Poolnak van erre vonatkozó modellje. Ez olyan feltevéseken alapul, mint pl. a következő: az ember egyidejűleg legfeljebb 7 ± 2 különböző hírt vagy alternatívát tud számon tartani, mérlegelni, idegrendszere feszültségi állapotától függően. Amikor válság következik be, akkor az idegrendszer feszültsége növekedik, a felfogható és feldolgozható hírek, alternatívák száma csökken. Az a vezető, akinek döntéseket kell hoznia, nagyobb súlyt tulajdonít azoknak a jelentéseknek, amelyek őt magát személy szerint érintik, mint azoknak, amelyek távol esnek a személyétől, továbbá nagyobb súlyt tulajdonít azoknak a híreknek, amelyek megerősítik őt korábbi véleményében, mint azoknak, amelyek ellentmondanak annak. Ithiel de Sola Pool közli, hogy ő már működtetett ilyen modellt, és úgy találta, hogy a modell szolgáltatta eredmények és a történelmi események adatai között nagyon meggyőző a párhuzam. Lehet, hogy így van, de azért mi egyetlen felelős politikai vezetőnek sem tudnánk azt ajánlani, hogy válságos helyzetekben olyan döntésekre bízza magát, amelyeket a számítógép ajánl neki; a válságos helyzet bonyolult, alakulása sok változótól függ, s ezek közül a számítógép csak néhányat vehet figyelembe.



A bűnüldözésben

A számítógépet igénybe veszik a bűnüldözésben is. Chicagóban pl. számítógépet állítottak a „forró asztal"-ok szolgálatába. Forró asztalnak nevezik azokat az asztalokat, amelyek mellett a bűnügyi ügyeletesek ülnek. Ők képernyőn követik azoknak az URH-kocsiknak az útját, amelyek a város különböző „rádió zónái"-ban köröznek. (Kétezer körül van a számuk.) Ezek a kocsik rádión tesznek jelentést minden gyanús eseményről a „Chicago Police Communications Center"-nek, a chicagói rendőrség hírközpontjának. Ugyanebbe a központba futnak be az összes, bűnesetekre vagy gyanús jelenségekre vonatkozó más jelentések is. Ezeket innen automatikusan továbbítják a számítógéphez.

A számítógép tárolja a régi bűnesetekre vonatkozó összes adatokat is. Így, ha egy körözött gépkocsira vonatkozó jelentést kap a hírközpont, a számítógép nyilvántartása alapján másodperceken belül kiderül a gépkocsi körözött volta, és az ügyeletes rendőr, aki föltartóztatta a gépkocsit valamely közlekedési vétség miatt, egyidejűleg le is tartóztathatja a vezetőjét. A számítógép arra utaló jelentést gépel ki naponként, hogy melyik városrészben várható – nagy valószínűséggel – bűncselekmény: a számítógép ez esetben bizonyos valószínűségeket vesz figyelembe, ezeket a gyakorlat szolgáltatja. Egy olyan nagyvárosban, ahol ezerszámra követnek el rablást, és százszámra gyilkosságot, a nagy számok törvényei alapján már figyelembe vehető a valószínűségük. Washingtonban NCIC (*N*ational *C*rime *I*nformation *C*enter, Nemzeti Bűnügyi Információs Központ) néven számítógépes bűnügyi adatbankot építettek ki. Folyik

a különböző városokban kiépített kisebb-nagyobb más bűnügyi adatbankok hálózatokba történő összevonása. A helyi számítógépek közvetlenül a rendőri hivatalok rendelkezésére állanak, adataikat a szövetségi államok fővárosaiban levő számítóközpontoknak jelentik, ezek pedig a NCIC-nek továbbítják. Így, ha kiépül, ez a központ egységes bűnügyi adatbankként szolgálhat. Ha bűneset fordul elő, összes körülményei a számítógépbe kerülhetnek, az pedig kikeresheti az adatbankból mindazokat a korábban megtörtént bűneseteket, amelyek azonos vagy hasonló körülmények között zajlottak le, és ezzel segítheti a nyomozást. Visszaeső bűnösök esetében leleplezhető az „egyéni munkastílus", és ez is támpontul szolgálhat. Számítógépekben lehet tárolni ujjlenyomatokat és más, a bűnesetek leleplezését és megelőzését szolgáló információkat is.

16 | AZ OKTATÁSBAN

Ismeretközlő-, vizsgáztatógép

Az oktatás rendszere: „gép". A tanítás ugyanis mindig bizonyos algoritmus szerint zajlik le. Így pl. az előadást információ visszacsatolása követi a diák tudásáról, az előadó kiegészítő információkat ad, majd ismét meggyőződik hallgatóinak tudásáról stb. stb. Ez a ciklus addig ismétlődik, amíg a visszacsatolt információ a hallgatók tudásáról nem árulja el az elsajátításnak olyan fokát, amely megengedi az új ismeretek közlésére, az új ciklusra való áttérést. Ilyen algoritmus mindig jelen van, ha máshol nem, a pedagógus fejében, de rögzített alakban is jelen van, a programozott oktatásnál. A programozott oktatást – amint ismeretes – az jellemzi, hogy a tananyagot kis részekre, porciókra darabolják fel, és minden porcióval kapcsolatban külön-külön végrehajtják azt a ciklust, amelyre az imént utaltunk: ismeretközlés, az ismeret számonkérése feladattal, ellenőrző kérdéssel stb. a számonkérés eredményétől függően ismétlésre (lineáris program), kiegészítő információk megszerzésére (elágazásos program) stb. való utasítás, majd, ha a számonkérés eredménye kielégítő, áttérés új ismeretek közlésére.

Az ismeretek közlését számos gép teljesítheti: magnetofonszalagok, diafilmvetítők (a magnetofonszalag vezérelheti a diafilmvetítőt), filmvetítők, displayk, rádió-, televízióadók stb. Olyan terveket is közölnek, miszerint hírközlő mesterséges holdak révén sugároznak majd oktató előadásokat nagy, egész országokat, sőt több országot felölelő területek lakossága számára. A vizsgáztatógépek számos fajtája közismert. Sok közülük ún. feladatválasztós módszerrel működik. Ilyen pl. a budapesti Elektroakusztikai Gyár (EAG) MAGISTER típusú vizsgáztatógépe, amely negyven tanuló tudásának a számonkérésére alkalmas. A vizsgázók öt gomb közül választják ki, melyiket nyomják meg, hogy a helyesnek vélt feleletet közöljék vele. Lámpa kigyulladása jelzi a válasz helyességét. A berendezés értékel, és feljegyzéseket készít. Az ilyen jellegű vizsgáztatógépnek viszonylag egyszerű dolga van, hiszen a feleletet mindig pontosan fel tudja ismerni, és össze tudja hasonlítani a tárolt helyes mintával.

Gondot okoz a programozóknak: hogyan tegyék képessé a vizsgáztatógépet a szabadon megfogalmazott, ún. konstruktív válaszok megértésére. Többféle módszerrel kísérleteznek. Ezek általában arra épülnek, hogy a helyes feleletnek szükségképpen tartalmaznia kell bizonyos szavakat bizonyos kombinációkban, s a gépnek elegendő megállapítania azt az elbíráláshoz, hogy e szavak a megadott kombinációkban jelen vannak-e vagy sem. Mivel a szavak ragozott stb. alakban is előfordulhatnak, a gépet a szótövek felismerésére teszik alkalmassá. A baj az, hogy a gép automatikusan hibásnak minősíti az olyan válaszokat, amelyekben nincsenek vagy nem a megadott kombinációkban vannak jelen a szükséges szavak, holott az ilyen válaszok között akadhatnak helyesek is.

Számítógép az oktatásban

Külön szeretnénk szólni a számítógépről mint az oktató univerzális „képességű" asszisztenséről. A CAI (*C*omputer *A*ssisted *I*nstruction, számítógép segítette oktatás) ma már önálló irányzat az oktatáson belül. Megszületését sürgető objektív szükségletek kényszerítették ki. Az „információrobbanás", az ismereteknek és ezzel kapcsolatban a tankönyveknek mind rövidebb periódusokban bekövetkező elévülése és megújulása, a szakemberképzés követelményei, ezzel összefüggésben az iskolák szaporodása és bennük a pedagógusok relatív hiányának a növekedése tekinthetők a bábáinak. Az oktatáson belül a közvetlen sürgető szükség abban jelentkezik, hogy az oktató jelenleg már nem képes tanítványaival egyénileg foglalkozni. Olyan tananyagot kell előadnia s olyan ütemben, amely az „átlagos" tanítvány képességeit tartja szem előtt. Olyan feladatokat kell adnia, amelyek megfogalmazói az átlagos tanuló átlagos érdeklődését és aktivitását veszik figyelembe; ilyen átlagos tanuló azonban nincs. Emellett csak viszonylag ritkán ellenőrizheti, miképpen sajátítják el az ismereteket az egyes diákok. A számítógép – elvileg – kitűnő eszköznek bizonyulhat mind e problémák megoldására.

A számítógép vizsgáztathat. Ebben a minőségben lényegesen több szabadságot biztosít a feladatok közlésének eszközeiben, mint a nála alacsonyabb rendű vizsgáztatógépek. Itt nemcsak gombok megnyomásával, hanem konzolírógépen, telexen, fénytoll segítségével displayn is közölheti válaszát a tanuló.

Az ún. vezérlőkártyás vizsgáztató-rendszerben lyukkártyán közlik a

számítógéppel a feleleteket a vizsgakérdésekre, ő pedig vezérlőkártyákat dob ki, amelyek a vizsga eredménye alapján közlik a tanulókkal, mit kell tenniük. A tanuló erről a vezérlőkártyáról leolvashatja: hány ponttal jutalmazta a tanítógép a válaszát (az értékeléshez szükséges kritériumokat beépítik a programba), emellett a gép az eredményekről feljegyzéseket készít, és a tanár számára konzolírógépen ki is nyomtatja.

A számítógép dolgozatokat (pl. fogalmazványt) is elemezhet. Ebből a célból persze meg kell tanítani „olvasni", hacsak nem követeljük meg a dolgozatok szövegének lyukkártyákra történő lyukasztását (vagy más a gép számára hozzáférhető adathordozókra történő rögzítését), ez azonban elviselhetetlenül időigényes és költséges eljárás lenne. Ma még ott tartunk, hogy a számítógépek csak néhány betűtípust tudnak azonosítani optikai olvasóberendezéseik segítségével. Haladás történik azonban abban az irányban, hogy a felismerhető betűtípusok köre szélesedjék. Jogos a remény, hogy a számítógép nemsokára a közönséges kézírást is el tudja majd olvasni, noha ezzel kapcsolatban számos nyelvészeti, valószínűségelméleti stb. problémát kell még megoldani.

Ha azonban a dolgozat szövege – így vagy úgy – már eljutott a számítógép memóriájába, akkor elvileg nincs akadálya az elemzésnek: a számítógép úgy „fogja fel" a dolgozatot, mint a szimbólumok lineárisan elrendezett láncát, amelyen – programja szerint – műveleteket kell elvégeznie, hogy végül outputszimbólumokat szolgáltasson. A számítógép – programja szerint – tartalom (mondanivaló) és stílus (a mondanivaló formája) tekintetében végez jelenleg elemzést. *Ellis B. Page* e célra olyan programot szerkesztett meg, amelynek alapján a gép tulajdonképpen nem magát a dolgot, a valódi változót veszi figyelembe, hanem helyette csak valami olyasmit, amit ő maga meg tud érteni, és amit egyértelműen és gépiesen vizsgálni lehet. Ha pl. a helyes szóhasználatról van szó, mint dologról, mint valódi változóról, akkor ehelyett bizonyos szokatlan szavak előfordulásának az arányszámát veszi számba. A közhasználatú szavak ott vannak a memóriájában. Minden szót összehasonlít e szavak lajstromával, és amennyiben nem találja meg benne, úgy szokatlannak minősíti. Így jár el minden más valódi változó esetén is.

Ugyanazokat a dolgozatokat, amelyeket a számítógép értékelt, elemezték kiváló pedagógusok is, vagyis eleven emberek is értékelték; 138 dolgozat kiértékelését öt „szakértő" végezte, négy ember és – a számítógép. Kitűnt, hogy az öt értékelést gyakorlatilag nem lehet megkülönböztetni egymástól. Később kiterjesztették az elemzést; öt szempont szerint

értékeltek: gondolati tartalom, felépítés, stílus, szerkezet és alkotókészség. Ez esetben *Paul Diederich* (Princeton, Egyesült Államok) megállapításaira támaszkodtak. A gépi és emberi értékelések összevetéséből kitűnt, hogy az élő bírálók kisebb megbízhatósággal értékelték az eredetiséget, mint a többi szempontot, és a szerkezet az a szempont, amelynek alapján az értékelés a legmegbízhatóbbnak tűnik.

A számítógép az ún. képző- és gyakorlóprogramok alapján ismereteket közöl, vizsgáztat, és különböző bonyolultságszintű feladatokat oszt ki: a tanuló attól függően kap könnyebben vagy nehezebben megoldható leckét, hogy hány százalékos eredménnyel oldotta meg az előzőt. A gép nagyon alacsony – pl. 60%-osnál kisebb – vizsgaeredmény esetén automatikusan figyelmezteti az oktatót.

Komplex segítség

A számítógép az oktatási óra egész lefolytatásában is nyújthat komplex segítséget. Lehetővé teszi, hogy a hagyományos osztályforma helyett kisebb csoportokba osszák be a diákokat, amelyekben elkülönülten foglalkoznak a tananyaggal. A tanár maga egy televíziókészülék útján kíséri figyelemmel az egyes csoportokban folyó munkát, és egy vezérlőasztalon át bármikor beavatkozhat a tevékenységükbe. Rendelkezésére áll egy regisztrálóberendezés, amelyen át adatokat kap mind a csoportmunka, mind pedig az egyéni munka eredményeiről. Egy-egy csoportban 8-10 diák vesz részt. Az előadás képmagnóról pereg: a diákok szöveget hallanak, és képeket látnak. Ha valahol nem értik meg az anyagot, egyszerűen megállítják a képmagnó szalagját, és újra lepergetik a kérdéses részletet. Ezután megtárgyalják a lepergetett anyagot, vitatkoznak rajta stb. Majd ki-ki egyénileg megoldja a leckéket. Mód van arra, hogy eközben bármikor kérdést intézhessenek a számítógéphez, amely közli velük – a memóriájába természetesen előre betáplált – feleletet. A tanárhoz csak akkor kell fordulniuk problémájukkal, ha a számítógép tudománya csődöt mond. Az ilyen tanítás során a tanárnak nem valamiféle osztály- vagy évfolyamátlaghoz kell igazodnia, hanem a csoportátlaghoz.

A számítógép módot nyújt a tanulók egyéni képességeinek a figyelembevételére is, különösen, ami a feladatok nehézségi fokát illeti; ez azonban némely esetben csak a csoporttevékenység rovására történhet, ami – sok pedagógus véleménye szerint – didaktikai és nevelési kérdéseket is felvet-

het. Vannak tárgyak, ahol a tanulókkal az egyéni képességek szerint való egyéni foglalkozás minden aggály nélkül megoldható, ilyen pl. sok pedagógus véleménye szerint az elemi matematika, az olvasás, a nyelvtanulás kezdő fokon, a középiskolai geometria stb. A tanulókkal történő egyéni foglalkozást az ún. CLASS (*C*omputer-based *L*aboratory for *A*utomated *S*chool *S*ystems, számítógépre alapozott laboratóriumi munka automatizált oktatási rendszerben, az amerikai *S*ystem *D*evelopment *C*orporation, SDC, Rendszerfejlesztő Testület keretében) kísérlet során jó eredménnyel valósították meg a számítógépes egyéni foglalkozást diákokkal. Ez esetben a számítógép egyszerre foglalkozott ugyan – timesharing rendszerben – minden diákkal, mégis valamennyi tanuló úgy érezhette, hogy a számítógép csak az övé, csak őt szolgálja ki. Ha valamelyik diák sok hibát követett el, ha nem tudta elérni a minimális teljesítményszintet, ezt lámpa kigyulladása adta a tanár tudtára, aki ilyenkor kiegészítő tájékoztatással, feladattal sietett a tanuló segítségére.

Az ilyen számítógépes oktatás során a „válaszelemző" program jóvoltából a tanár tájékoztatást kap a tanulók tudásszintjéről: az eredményekről, a hibákról, a válaszok késési idejéről, több kérdés esetén az ún. kumulatív hibaarányról, sőt arról is, hogy a tanulók maguk miként értékelik tevékenységüket. A számítógép elfogulatlan, nem jelentkeznek benne „a kísérletező személy változói", nem mosolyog, nem ráncolja a homlokát, azaz semmiképpen sem befolyásolja az eredményeket személyiségének megnyilvánulásaival, és nem érvényesül szubjektivitás a döntéseiben.

A számítógépeknek az oktatásban való térhódítása sem megy vita, aggodalom nélkül. Az ellene felsorakoztatott érvek között szerepel az az aggály, hogy használata munkanélküliséget okozhat, és az oktatás elembertelenedéséhez vezethet. Ami a számítógép és a munkanélküliség viszonyát illeti: megjelenése óta kísért a munkanélküliség réme, ámde ténylegesen még sehol sem okozott munkanélküliséget, sőt kitűnt, hogy a számítógépek ugyanúgy tudnak egymásnak munkát adni, mint az íróasztalok. Ami az oktatás emberközeli jellegének féltését illeti: *a tanárnak, a tanítónak jelenleg nem jut elég ideje arra, hogy érdeklődjék tanítványainak személyes problémái, gondjai, a tananyaggal kapcsolatos egyéni kérdései iránt.* Azt hiszem, ez utóbbi az, ami valóban felidézi az oktató és a tanítvány közötti emberi kapcsolatok lazulásának, illetve ki nem építésének reális veszélyét. Ha a számítógép felszabadítja az oktatót mindazoktól a teendőktől, amelyek a gépre bízhatók, felmenti a fárasztó rutinmunka nyűgétől, akkor bizonyára több ideje jut majd arra, hogy csatornákat

építsen ki a személyes kommunikációra, hogy valóban emberi kapcsolatai legyenek a rábízott fiatalokkal.

Ugyanakkor a számítógép kapacitása nemcsak éppen az ismeretek közlésében és számonkérésében engedi meg a közreműködését, hanem minden olyan tevékenységben, amely a tanügy területén folyik. A számítógép kidolgozhatja az oktatás programját. Ennek során különböző ún. „didaktikai változók"-at vehet figyelembe, amilyenek pl. magának a tananyagnak az elemi porciói, az oktatás célja, a tanulókra ható szociológiai és pszichológiai hatások stb. A számítógép e didaktikai változók beláplálása után készen szolgáltathatja az oktatás menetrendjét. Ezzel kapcsolatban születőben van az ún. „formális didaktika". A számítógép általában részt vehet az oktatással kapcsolatos tervező munkában. Tervet készíthet a tananyagok átcsoportosítására – ami manapság elég gyakori –, az oktatási segédeszközök, berendezések elosztására, az órarend beosztására, figyelembe véve nemcsak a kis csoportok, hanem az egyes tanulók, hallgatók egyéni kívánságait is. Figyelemre méltó e területen, hogy a New York-i Állami Egyetem buffalói részlegének tanárképző intézetében ún. „eszközegységek"-et dolgoztak ki számítógép segítségével. Egy-egy eszközegység: meghatározott témára, illetve tárgykörre vonatkozó oktatási tanácsok, útbaigazítások halmaza. Egy-egy ilyen eszközegység megadja a téma, a tárgykör oktatásának vázlatát, javaslatokat tesz különböző nehézségi fokú kezdő és haladó feladatokra, az egyéni tanulmányi tevékenységekkel kapcsolatban, felhívja a tanár figyelmét arra, hogy milyen kézikönyveket ajánlhat a különböző szintű sikereket felmutató diákoknak, milyen audiovizuális eszközöket alkalmazhat, neki magának milyen kézikönyveket, segédkönyveket ajánlatos áttanulmányoznia, miféle szempontok szerint értékelheti a feleleteket, a dolgozatokat, s végül utal arra, hogy az adott oktatási egység miképpen kapcsolódik más oktatási egységekhez.

A számítógép ugyanolyan hasznot hajthat a tanügyi igazgatásban, mint bármilyen más igazgatásban. Oktatási irányú adatbankot lehet létesíteni, amely bármely pillanatban „pillanatkészen" szolgáltathatja a szükséges adatokat az osztálytermek számáról, a tanerőszükségletről és a tanerőlétszámról, az órarendekről, a tanulók szociális körülményeiről, egészségi állapotáról, a hiányzásokról, az osztályzatokról, az időszakos jellemzésekről, a tanulók sajátos érdeklődési köréről, iskolán kívüli elfoglaltságáról, problémáiról stb. Az ilyen adatbank megkönnyítheti az igazgatás intézkedéseinek, döntéseinek közelítését valaminő optimumhoz.

A számítógép „asszisztálhat" a pedagógiai kutatómunkában. A számítógép belsejében, a számok közegében pedagógiai kísérletek futhatnak le anélkül, hogy az eredmények bizonyos fokú megérlelődése előtt terhelnék velük a tanterveket. Külön kutatólaboratóriumokat állítottak fel a számítógépes oktatás vizsgálatára (Illinois-i Egyetem, Pittersburghi Egyetem). Ezekben új módszerekkel kísérleteznek, amelyeknek megjelenését éppen a számítógép teszi lehetővé (Illinois: PLATO-rendszer). E kutatásokhoz sajátos programnyelvek születnek: Coursewrite, MENTOR, PLANIT stb.

17 | A MŰVÉSZETBEN

A mű: információ

Programozhatók-e a számítógépek úgy, hogy ellássák a művészi alkotásnak azokat a funkcióit, amelyek pusztán az alkotás gyakorlati létrehozásával, hogy úgy mondjuk, a kivitelezéssel függnek össze. Erre határozottan igennel kell válaszolnunk.

Az adja meg az alapot e kijelentésre, hogy minden művészi alkotás információkat tartalmaz, információkat közvetít szerzője és élvezője között. Ha rátekintünk egy festményre, akkor információkat kapunk arról, vajon az ábrázolt embernek milyen a külső alakja, a megörökített tájban milyen tárgyak és színek fordulnak elő, s ezek milyen formákat öltenek stb. Ha végighallgatunk egy hangversenyt vagy egy szavalatot, akkor az információk olyan időbeli folyama hömpölyög ránk, amelyek a zenei hangokból, illetve a beszédhangokból mint információs jelekből állanak össze. Maga a művészi alkotás tehát egyfajta memóriaberendezésnek tekinthető, amelyen a művészi alkotás szerzője feljegyezte az információkat, hogy azok bármikor útra kelhessenek a művészi alkotás nézőjéhez, hallgatójához. Ez a memóriaberendezés a festett vászon, amelyen az információs jeleket a festék testesíti meg, zene esetében a kotta, míg a szavalatéban a szöveg képviseli az információs jeleket.

Hiba volna, ha úgy vélnénk, hogy ezek szerint bármilyen információ, amelyet valamilyen formában lejegyeztünk, megörökítettünk, már egyben művészi hatást is kelthet. Ha rápillantunk egy kifeszített vászondarabra, amelyen különböző rikító festékfoltok helyezkednek el, nem bizonyos, hogy esztétikailag kedvező hatás keletkezik bennünk, sőt esetleg megriadunk vagy megundorodunk tőle. Ha végighallgatunk valamely hangokból álló rendezetlen egyveleget, nem lesz részünk muzikális gyönyörűségekben, hanem idegfeszültséget, kellemetlen érzéseket vált ki belőlünk a zavar. Ez arra vall, hogy maguk az információs jelek, maguk az információk még semmiképpen sem tekinthetők önmagukban művészi alkotásnak; a művészi alkotás az információs jelek különleges, speciális elrendezése eredményeként válik művészi alkotássá, vagyis ez az

elrendezés az ún. esztétikai információ maga. Az esztétikai információ tehát szoros összefüggésben áll az információs jelek meghatározott törvények szerint való elrendezettségével, amikor a művész alkot, akkor tulajdonképpen nem tesz mást, mint azt, hogy az információs jelek tárházából meghatározott rendszer szerint – amely éppen úgy függ az alkotás objektív szabályaitól, mint a saját egyénisége és művészi mondanivalója diktálta szabályoktól – kiválasztja a megfelelő jeleket, és ezeket különleges rendbe szedi. Az ún. információesztétika – vagy inkább esztétikai információkutatás – többek között azt kutatja, hogy milyen törvények uralják az esztétikai információ előállítását, hogyan válik valamely információ esztétikai információvá, s ugyanakkor milyen törvények szerint hajlandó ezeknek az információknak a befogadója művészi alkotásként, esztétikai információkként, „esztétikai objektumokként" elfogadni őket.

A lényeges mégiscsak az az egészben, hogy maga a művészi információ is csak információ, maga a művészi alkotás pedig memóriaberendezés (tár), amelyről a jelek bármikor leszólíthatók, lehívhatók. A legszebb festményt is le lehet fényképezni, vagy más módon készíthetnek róla reprodukciókat. A legszebb szimfóniát is bármikor eljátszhatja bármely zenekar, ugyanazt a dalt különböző hangszereken vagy természetes emberi hangon szólaltathatjuk meg. Amíg tehát maga a művészi alkotás változatlannak tekinthető, invariánsan kódoltnak, addig információs jelei bármikor átkódolhatók, vagyis más kódruhában beküldhetők egy olyan hírátviteli csatornába, amelynek végállomásán a művészi alkotás élvezője, befogadója vár rájuk. Teljesen világos, hogy e kódjeleknek egyezményeseknek kell lenniük, vagyis olyanoknak, amelyeket mind a küldőjük, mind pedig a címzettjük ugyanolyan módon értelmez, másként a művészi alkotás közvetítője célt téveszt. Ha a szavalat olyan nyelven hangzik el, amelynek szavai, nyelvtana, logikája stb. a hallgatók számára ismeretlen, akkor maga a szöveg nem számít esztétikai információnak, nem kelthet művészi hatást, legfeljebb a szavaló hanghordozásától és mozdulataitól, vagyis az eredeti művészi alkotástól, a verstől független információktól várhatunk esztétikai hatást. Ha a melódiában olyan zenei információs jelek fordulnak elő, amelyek a hallgató előtt ismeretlenek, ezek rendszerint zavarják az esztétikai hatást (bár esetleg eredetien hatnak, ami növelheti az esztétikai hatást, de ez más kérdés), ezért, ha túlságosan sok az ismeretlen információs jel a hallgató számára, akkor felvetődik a zene megértésének problémája.

A jelek elrendezésének szerepe

Szó sincs róla, mintha akár megközelítőleg is ismernénk az információs jelek speciális elrendezésének azt a módját, amely esztétikai információnak tekinthető, amely esztétikai hatást idéz elő. De bizonyosnak kell tekintenünk, hogy az információs jelek előfordulási aránya is szerepet játszik ebben. Az esztétikai információ kutatóinak egy része szerint abban az esetben, ha az alkotás valamilyen vonását hangsúlyozni kívánjuk, akkor az e vonást megtestesítő jeleknek az összes jeleknek mintegy 37%-ára kell rúgniuk. Ha pl. a festő a piros színt akarja uralkodóvá tenni képén, akkor a rendelkezésre álló felület 37%-át kell pirossal bevonnia. Amennyiben a piros rész ennél kisebb, akkor nem éri el a kívánt hatást, amennyiben nagyobb, akkor a hatás túlzottá válik, esetleg a „giccs" veszélyes területére jut. Hivatkoznak arra, hogy a nagy művészi alkotásokban a hangsúlyt a jelek ilyen matematikai arányú – bár korántsem tudatos matematikai meggondolásokból fakadó – adagolásával érik el. Így pl. *A. Feuerbach* „Iphigenie" című alkotásán pontosan 40%-ot borít el a fehér szín, *F. Marc* „Sárga lovak" című képén ugyancsak 40%-nyi a sárga foltok mennyisége, sőt a költők is körülbelül hasonló arányban használnak bizonyos hangokat, amidőn bizonyos hangulatokat akarnak megfesteni velük. A zenében is akkor tűnnek fel leginkább a színkópák, ha az összes ütemek 37%-át uralják. A dzsesszben lényegesen gyakrabban fordulnak elő, jórészt ez adja meg a dzsessz különleges jellegét.

Maga az esztétikai üzenet abban a formában, ahogy eljut a művészi alkotás befogadójához, úgyszólván sohasem azonos az eredetivel. A zeneszerző – teszem fel – pontos kottán jegyzi fel szerzeményét. Tudjuk azonban, hogy az előadás módja hozzátehet a szerzemény művészi értékéhez, vagy levonhat belőle, változtathat a hatásán. Az eredeti szerzemény hangjegyei és más jelei – az invariáns kódjelek – közben ugyanazok maradnak, mindenki számára ugyanúgy érthetőek, ezzel szemben azok a kódjelek, amelyek a hangverseny során jutnak el a fülünkhöz, már nem pontosan felelnek meg ezeknek az invariáns kódjeleknek, hanem bizonyos értékhatárok között fluktuálnak, változnak. Ez nem csupán a hangok tartamára, hanem még a hangok magasságára is vonatkozik, nem is szólva magáról a hangszínről. Az a valóságos jel tehát, amelyben az eredeti művészi alkotás információs jele számunkra megtestesül, bizonyos szabadságnak örvend. Amíg az eredeti jel mozdulatlanul, előkelő és merev változatlanságban székel a maga helyén, addig a valóságos, a konkrét jel

játékosan kalandozik a szabadság tág mezején. A hallgató, a néző joggal tulajdonít e valóságos, e konkrét jelnek bizonyos eredetiséget. Ez vagy az a hegedűművész más-más módon közvetíti nekünk ugyanazt a zenedarabot, noha mindketten ugyanazt a kottát olvassák, ugyanazokat az invariáns kódjeleket kódolják át, változtatják konkrét kódjelekké. Ez az oka annak, hogy gyakran azt mondják: a kotta maga mintegy szemantikus üzenet, azaz olyan üzenet, amely mindenki számára ugyanúgy ismerhető fel, amely mindenki számára – aki zeneértő – ugyanazt mondja, míg a valóságos, a konkrét jelek esztétikai üzenetet hordoznak. Ez azonban megtévesztő megkülönböztetés, hiszen a mi fentebbi fejtegetéseink szerint az eredeti művészi alkotás, a kotta is esztétikai üzenetet testesít meg. És azt is meg kell jegyeznünk, hogy a konkrét jel nem kóborolhat teljesen önkényesen a szabadság mezején, hanem életre hívójának tekintettel kell lennie bizonyos korlátokra: semmilyen irányban sem mehet el olyan messzire, hogy az eredeti jel értelmét eltorzítsa, hogy megváltoztassa az eredeti jelet. A valóságos jel tehát olyan kutyához hasonlítható, amelyet az eredeti jel karójához kötöttek láncon: ugrálhat, játszadozhat, el-elfuthat, de csak ameddig a lánc engedi. A szavaló magasabb vagy mélyebb *a* hangokat használhat, lágyabb vagy keményebb *r* hangokat ejthet, de nem mondhat *a* helyett *u*-t vagy *r* helyett *zs*-t, egyes szövegrészeket hadarhat, másokat vontatottan közölhet, de a szövegnek minden körülmények között érthetőnek, és ugyanannak kell maradnia. Az előadóművész nem térhet el a zenei partitúrától sem.

Ha ellopunk vagy elvesztünk abból az információtömegből, amelyet a művészi alkotás magában foglal, akkor ezzel magát az esztétikai hatást is megcsonkítjuk. A televíziós közvetítés esetében pl. mindig erről van szó. A felvevőkamera előtt megjelenik egy tarka mező, a szivárvány sok színében pompázó virágokkal. Mit ad nekünk ebből a televízió képernyője? Csak fehér, fekete, illetve szürke színeket, vagyis az esztétikai információ egy részét egyszerűen elsikkasztja. A színes televízió természetesen kevesebbet nyel el az esztétikai információból, becsületesebben nyújtja át nekünk az eredetit, de még ez is szegényíti, ha nem is olyan mértékben. Egyébként a televízió olyan szerkezet, amely már működési elveinél fogva is megcsonkítja a reá bízott információkat. Ugyanis „rasztert" készít róluk, vagyis sok száz nagyon apró világos és sötét pontra bontja fel az eredeti képet, és ezekből rakja össze a maga képét. Ez a „rasztere-zés" mindig durva, goromba. Elvileg sem készíthető olyan raszter, amely tökéletesen fedné az eredetit. A raszter a kamera előtt álló képet beterítő

háló, a televízió maga csak a háló csomópontjait közvetíti, a „lyukakat" nem. De ugyanilyen váddal kell illetnünk az ember saját érzékszerveit is. A szemünk – teszem fel – ugyanilyen rasztert készít az előtte álló képről, időbeli és térbeli hálót terít rá, s azután ezt a hálót fogadja be. Ezen a hálón elég nagyok a lyukak. Így pl. nem vagyunk képesek $^1/_{16}$ másodpercnél rövidebb időközöket megjegyezni, miközben egy mozgó tárgyat figyelünk, ez az $^1/_{16}$ másodperc az ún. „szubjektív időkvantum". Mint ismeretes, a mozgóképek, a filmek kihasználják a látásnak ezt a tulajdonságát.

A jelek áramlása

Az esztétikai hatás kapcsolatban áll az információ áramlási sebességével is. Az emberi figyelem „kapacitása", befogadóképessége eléggé jól meghatározható érték. Az információpszichológiai kísérletek azt bizonyítják, hogy idegrendszerünk másodpercenként mintegy 10 bitnyi információt képes befogadni. (Ez esetben csak a tudatosan befogadott információkról van szó, tudattalanul, vagyis úgy, hogy fel sem figyelünk rá mintegy 3 milliárd bitnyi információ jut be az idegrendszerünkbe másodpercenként!) Ha a művészi produkció által közvetített új információk száma e határ alatt marad (10 bit/s), akkor az esztétikai hatás is nagyon alacsony, vagy éppen az ellenkezőjébe csap át. Képzeljünk el egy hosszú dalt, amelyben unos-untalan ismétlődik az első vagy az első két sor. Gyönyörködés helyett előbb bosszankodunk, majd figyelmünk kimerül, s kezdenek jelentkezni idegességünk tünetei. Képzeljünk el egy elbeszélést, amelyben alig történik valami (van ilyen), ásítozni kezdünk olvasása közben, esetleg el is alszunk. De ugyanígy alászáll az esztétikai hatás akkor is, ha az információ gazdagabban és sebesebben árad, mint ahogy figyelmünk befogadni képes. Ha pl. a zenei alkotás túlságosan sok olyan elemet tartalmaz, amely ismeretlen a hallgatója számára, vagy ismert elemeket ugyan, de túlságosan szokatlan elrendezésben közöl, akkor a hallgató nem tudja a rendelkezésre álló idő alatt önmagában rendszerezni az információkat, nem tudja megérteni a zenét. Az információpszichológia kutatói azt állítják, hogy a kellő esztétikai hatásra törekedő zenének egyensúlyt kell tartania a banalitás és az originalitás között, nem szabad unalmasnak és fárasztónak lennie, de ugyanakkor nem szabad minden áron eredetieskednie sem. Ugyanez áll az esztétikai információknak bármely,

időben kódolt, időben végbemenő folyamatára, aminő a dráma, a szavalat stb., de ezeket az elméleti megállapításokat – megfelelő változtatásokkal – kiterjesztették a képzőművészetek körére is.

Amikor az esztétikai információ áramlási sebességéről beszélünk, akkor nem gondolunk minden esetben az elemi jelek folyamára. Az agynak megvan az a képessége, hogy az elemi jelekből összetett jeleket építsen fel, ún. szuperjeleket. E szuperjelek keletkezhetnek az idegrendszer öntudatlan tevékenysége révén, amikor az elemi jeleket a puszta megszokás kapcsolja össze szuperjelekké. Amikor olvasunk, nem is vesszük tudomásul az elemi jeleket, a betűket, szemünk, értelmünk kizárólag szavakat fog át, s a betűk csak akkor tűnnek figyelmünk elé, ha e célból külön erőfeszítést teszünk. Az agynak ezt a képességét hasznosítják a pedagógusok, amikor az „egész" révén való tanítást valósítják meg, amikor tehát a gyerek előbb szavakat tanul meg, s csak azután betűket. A muzsikában is az a helyzet, hogy fülünk csak ritkán figyel egyes hangokra vagy hangzatokra, ehelyett inkább dallamrészleteket jegyez fel, azaz szuperjeleket, amelyeket a megszokás révén már egyetlen jelnek tekint. Az emberi agy tudatosan is kialakít ilyen szuperjeleket, pl. a zenében a tudatos gyakorlás révén minősülnek mintegy elemi jeleknek bennünk a zenei frázisok, a ritmikus sémák stb. Csakis a szuperjelek figyelembevételével lehet megérteni, hogy sokszor untatónak találunk olyan melódiákat, amelyek lényegesen több információt zúdítanak ránk másodpercenként, mint 10 bitet, másrészt élvezhetőnek találunk olyan melódiákat is, amelyeknek információárama meghaladja a 30–35 bit/s-et is. Ugyanakkor meg is fordíthatjuk ezt a megállapítást: ha az információáram nagysága meghalad bizonyos szintet, ez mintegy kötelezi, kényszeríti az idegrendszert a szuperjelek megépítésére, mert másként nem tud megbirkózni vele. A szuperjelek a befogadó számára csökkentik az eredeti információtartalmat.

Agyunk arra van berendezve, hogy másodpercenként – tudatosan – 10 bitnyi információt fogadjon be, de szó sincs róla, mintha mindez meg is maradna az emlékezetünkben. A nagyja kihull a rostán. Az arány bizony rossz. Bizonyos kísérletek szerint minden 100 információs jel közül 7-et jegyzünk meg magunknak, a többi a semmibe pereg az emlékezet rostájának tág lyukain át. Ha elolvasunk egy 1000 szavas irodalmi terméket, akkor csak 70 szó hagy nyomot a memóriánkban. Világos, hogy amint maga az információáram is, ugyanúgy az információáramnak ez a lerakódása a memóriában: szintén összefüggésben áll az esztétikai hatással.

A művészetben az a leggyakoribb jelenség, hogy a megszokást, az unalmat kell legyűrni. Ennek szükségessége bizonyos értelemben a művészet fejlődése rugójának is tekinthető. A képzőművészetben az új originális, eredeti formák az idő múlásával veszítenek szubjektív információtartalmukból, a jelek szuperjelekké olvadnak össze, a szuperjelek újabb szuperjelekké, és az, amit ma eredetinek és érdekesnek tartunk, amiben ma sok új információt fedezünk fel, az holnap már elavultnak és értéktelennek tűnik, már csak kevés információt olvasunk ki belőle. Semmiképpen sem volna helyénvaló, ha azt állítanánk, hogy a művészet előrehaladásának itt kell keresnünk a fő indítékát. A legnagyobb erő, amely a művészeteket is előrehajtja, mindenképpen magának a társadalomnak az előrehaladása, s ezzel összefüggően a tudat fejlődése. De bizonyos, hogy az információtartalom viszonylagos csökkenése is előrehajtó tényező, amennyiben új meg új formák keresésére ösztönöz.

Matematikailag kifejezhető összefüggések

Az esztétikai információnak nemcsak a mennyisége és az áramlása fejezhető ki a matematika nyelvén, hanem sok más összefüggése is. Itt van pl. a zene. Ez nemcsak művészi, hanem egyben fizikai folyamat is, a zenei jelenségek meghatározott fizikai jelenségekkel függenek össze, s akkor már helyben is vagyunk, hiszen a fizikához éppen úgy hozzátartozik a matematika, mint az emberhez a ruha (már legalábbis a társadalomban). A zenei fogalmak mélyén rejtőző fizikai fogalmak számokkal jellemezhetők, a zene „matematizálható".

A hang nem más, mint rezgés, ez vonatkozik a zenei hangra is. Az ún. ötvonalas *C* zongorahang rezgésszáma a nemzetközi megállapodás szerint másodpercenként 413, 844. A zenei hangot ritkán halljuk magában, rendszerint más hangokkal, a felhangokkal egyetemben jelenik meg. Ha az alaphang rezgésszáma n, akkor a felhangok rezgésszámai sorban $2n$, $3n$ stb. Mind az alaphangot, mind a felhangokat részhangoknak nevezzük, s ezek együttesen egyetlen hangzatot adnak a fül számára. Ha a felhangok maguk is nagyon erősek (intenzívek), akkor külön is „kihallatszanak", ha viszont gyengék, csak a figyelem külön összpontosításával lehet érzékelni őket, akkor az alaphang színezetét módosítják. A hangszínezet attól függ, hogy milyen felhangok, milyen erővel szólalnak meg. Ha a magasabb felhangok intenzitása nagy, akkor a hang „éles" színezetű,

ha a mélyebb felhangok zengenek, akkor a hang „gazdag", ha pedig a felhangok csak alig hallhatók, vagy egyenesen hiányoznak, akkor az alaphang színe „lágy".

Az, amit a zenében „intervallum"-nak nevezünk, két egymás után következő hang rezgésszámainak hányadosával függ össze. Bizonyos intervallumoknak külön nevet is adunk. Így például oktávot akkor érzékelünk, ha a hányados $^1/_2$, kvintet akkor, ha $^2/_3$, kvartot akkor, ha $^3/_4$, nagyterc esetében az osztás $^4/_5$, kistercnél $^5/_6$, nagyszextnél $^3/_5$, kisszextnél $^5/_8$ eredménnyel jár. Az intervallum ezek szerint nem a hangok abszolút rezgésszámától függ, hanem csak a rezgésszámok hányadosától, amely bármely fekvésben (erről később) ugyanazt adja. Érdekes megjegyeznünk, hogy a zeneileg nem nagyon képzett, „átlagosan zeneértő" ember hallása nem a hangok abszolút rezgésszámával függ össze, hanem az intervallumokkal. Az „átlagfül" érzékeli, hogy két hang rezgésszámának a hányadosa megfelel-e valamely általa ismert melódiának, vagy sem, de rendszerint nem érzékeli az intervallumban szereplő hangok magasságát (erről is lásd később), azaz abszolút rezgésszámát. A zeneértő emberek arra büszkék, hogy jól meg tudják különböztetni egymástól az alacsonyabb és a magasabb fekvésű a-t, azaz a különböző a-k abszolút rezgésszámait. A különböző hangszerek „hangolása" lényegében a pontos abszolút rezgésszámokra való beállítás.

Az intervallumokra, a rezgésszámok hányadosára lehet visszavezetni a konszonancia és a disszonancia jelenségét is. Ezzel kapcsolatban mindenekelőtt az ún. kombinációs hangokról kell szólnunk. Ha két hang együtt hangzik, akkor a fülben rajtuk kívül új hangok is keletkeznek, a kombinációs hangok. Minthogy csak az érzékelő számára adottak, mert a fülben állanak elő, ezért szubjektív kombinációs hangoknak is nevezik őket. Bizonyos körülmények között – pl. ha a rezgések igen erősek – objektív kombinációs hangok is megjelennek, amelyek a fültől függetlenek.

Említést kell tennünk – továbbá – az ún. „lebegés"-ekről. Ha két hang rezgései, hanghullámai találkoznak egymással, akkor (a hanghullámok ún. szuperpozíciója és interferenciája következtében) a hanghullámok egyetlen eredő hanghullámba olvadnak össze, amelynek az erőssége (a szélessége, az amplitúdója) ingadozik, vagyis magyarán az eredő hangot hol erősebben, hol gyengébben halljuk, ahogy mondják, a hangérzet dagad és apad.

Mármost mind az eredeti hangok, mind pedig a kombinációs hangok

találkozásainál létrejönnek lebegések. E lebegések száma nem függ az intervallumoktól (a lebegések száma a két találkozó hang rezgésszámainak különbsége), de a lebegések erőssége, intenzitása már függ az intervallumtól; a lebegés annál erősebb, minél szűkebb az intervallum, azaz minél kisebb a két hang rezgésszámainak hányadosa. Konszonanciáról akkor beszélünk, ha a lebegések száma és intenzitása kicsi, ilyenkor a hangzat összetevői szinte egybeolvadnak, szinte egyetlen hangot hallunk. Ezért a régi görögök ilyenkor krasziszról, összeolvadásról beszéltek. Disszonancia akkor keletkezik, ha a lebegések száma (és intenzitása) meghalad bizonyos határt. Ilyenkor „érdesség" keletkezik, ami zavarja a hangok egybeolvadását, a krasziszt. A konszonancia és a disszonancia jelenségeinek a magyarázata *Helmholtz*tól ered, és bár mindmáig nem talált általános elfogadtatásra a zeneelméletben, annyi kétségtelen, hogy a konszonancia és a disszonancia valamilyen módon összefügg a lebegésekkel.

Miután már megismerkedtünk a konszonancia és a disszonancia fizikai alapjaival, közelebbről meghatározhatjuk a zenei hangot is. A zenei hang abban különbözik a „közönséges" hangtól, hogy részhangjai konszonáns intervallumokat képeznek egymással. Ha a zenei hangokat a konszonancia elve szerint raktuk egymás után, akkor skála keletkezik. Ha a skála nyolc hangját körön képzeljük el, akkor azt tapasztaljuk, hogy a nyolc hang „minőségei" mintegy ismétlődnek. „Minőség"-en, „hangjelleg"-en, „hangkvalitás"-on itt azt értjük, hogy a hang szomszédaival mindig ugyanazt az intervallumot képezi, akármekkora is az abszolút magassága. A hangok tehát mintegy egymás fölött elhelyezett körökön ülnek, a hangok magassága attól függ, hogy milyen magasan áll a kör, a hangok „minősége" azonban attól, hogy a körnek milyen pontján székelnek.

Az ütemek törvényei a hangok hosszúságával, azaz időtartamával függenek össze, így könnyű belátnunk, hogy matematikailag megfogalmazhatók, „matematizálhatók". Egy kissé nehezebb ugyanazt belátnunk (és persze megoldanunk is) a zenei forma törvényeinél. Ez esetben külön nehézséget okoz az, hogy a forma szabályait (azaz, hogy milyen módon következnek egymás után a zenei dal sorai, egybeesnek-e, ismételnek-e stb.) még „zenei nyelven" sem fogalmazták meg pontosan, mit várjunk akkor a matematikusoktól, akik csak a zenei nyelv kifejezéseit fordíthatják le a maguk nyelvére. De azért erre is találtak megoldást. A „tonalitás" még bonyolultabb dolog, itt még kevésbé ad pontos meghatározásokat a zeneelmélet. A matematikusok mégsem találták a jelenség ki-

fejezését reménytelennek, hiszen annyi bizonyos, hogy a tonalitás, a hangnemiség összefügg a hangsúlyos (ütemkezdő) és a sorvégző hangokkal, ami viszont már matematikailag megragadható.

Nincs akadálya az összhangzattan, a szólamvezetés, a kíséret (kísérőhangzatok) szabályai matematikai kifejezésének sem, de mindig tudnunk kell, hogy a matematikai fogalmak nemcsak pontosabbá teszik, hanem ugyanakkor el is szegényítik a zenei valóságot. Elvileg az sem lehetetlen, hogy idővel megadhatjuk valamilyen matematikai formáját annak, mi is a zeneileg szép? Igaz, a zeneileg szép nem állandó fogalom, hanem időben és különböző társadalmak szerint ugyanabban az időben is változik, sőt összefüggésben áll az egyéni ízléssel is, mégsem szabad pontos körülhatárolását és ezzel matematikai kifejezését lehetetlennek tartanunk. De ez a matematikai kifejezés is soványabb lenne annál a valóságnál, amelynek egy részét azért mégis elénk tárja.

Az alkotás „kivitelezése" automatizálható

Ezek után bizonyára mindenki jogosnak fogja találni azt a megállapítást, amelyet a bevezetőben tettünk, hogy a művészi alkotás „kivitelezése", így a zeneszerzés „kivitelezése" is gépesíthető. Programozhatunk úgy elektronikus számítógépet, hogy „zenét szerezzen". Nem szólva most a régmúltról, *R. C. Pinkerton* „Information Theory and Melody" című 1956-ban megjelent művének nyomán számos tudós foglalkozott e kérdéssel, és ma már a részletek egész sorát derítették fel. Az összes útmutatások megegyeznek abban, hogy a zeneszerzés valami olyasmihez hasonlít, mint ami akkor áll elő, ha a számok véletlenül, mintegy a sors szeszélye szerint, következnek egymás után. Tehát a legelső fő teendő, amelyre a „zeneszerző gépet" idomítanunk kell az, hogy állítson elő, „generáljon" véletlen számokat, mintegy szeszélyesen, össze-vissza előforduló hangjegyeket. E hangjegyeknek (azaz az általuk reprezentált hangoknak) ugyanakkor meg kell felelniük a zene szabályainak is. Tehát a második fő teendő, amelyet a zeneszerző gépek programjába kell beépítenünk az: szűrje meg a véletlen számokat, és csak azokat bocsássa át a szűrőn, amelyek egyben a zene szabályait is kielégítik.

A véletlen számok generálásának nincs semmi akadálya. Ez könnyen gépesíthető. Ismeretes ilyen eljárás a haditechnikában is. Ha a katonai rádióadók mindig ugyanolyan hullámhosszon sugároznák üzeneteiket,

vagy valamilyen kiszámítható szabályossággal változtatnák a hullámhosszaikat, akkor az ellenség könnyen felfedezné az állandó hullámhosszat, és venné az adást, vagy kiszámítaná a hullámhossz változásának módját, és így hallgatná le az üzeneteket. Ezért „véletlen számokat" generálnak, és ennek megfelelően változtatják a hullámhosszakat, az ellenség nem nagyon tudja felfedezni ennek a „véletlennek" a törvényeit. Véletlen számokat képezhetünk pl. úgy, hogy az elektromos áram vezetékének ún. „sörétzaját" felfogjuk, és a gépet megbízzuk azzal, hogy az amplitúdók változásainak megfelelően más-más számot állítson elő. Véletlen számokhoz jutunk akkor is, ha négyzetre emelünk egy 1-nél kisebb, 10 tizedesjeggyel rendelkező számot, az eredményből kiemeljük a középső 10 számjegyet, ezt újra négyzetre emeljük stb.

A második fő teendőnek, a zenei szabályok szerint való szűrésnek a programja kétféle módon építhető be a gépbe. Az első módszer az, amikor magunk állapítjuk meg a zenei törvényszerűségeket, ezeket matematikailag kifejezzük, azután megfelelően kódolva bevisszük a gép tárába. Ilyenkor tehát iskolás módon, a magyarázó tanító bácsi eljárását alkalmazva, oktatjuk a gépet. A másik módszer mintegy önállósítja a szerkezetet, reá rója, hogy állapítsa meg a zene szabályait, és azután rögzítse azokat a memóriájában. A számítógépbe ilyenkor egynemű zenei kompozíciók sorát viszik be, és azután rábízzák, hogy elemezze őket, kutassa ki statisztikai szerkezetüket, és az erre vonatkozó megállapításokat jegyezze fel a memóriájában. Az ilyen gépi elemzés elvi alapjait *C. E. Shannon*, illetve Markov dolgozták ki (Markov-analízis). Például *Hiller*, az Illinois-i Egyetem ILLIAC jelű számológépén *Bach*-muzsikát elemzett, s ilyen módon 1800 szabályt állapított meg. (E szabályok szerint a géppel zenét is szereztetett, „Suite ILLIAC" címmel, amelyet – mint egyikét az első géppel szerzett „klasszikus zeneszámoknak" – egy vonósnégyes elő is adott.) Más esetekben templomi énekeket vagy cowboy-nótákat vittek be a gépbe, és ezeket elemezték.

Ha a gép már tisztában van a zene adott típusának szabályaival, akkor olyan zene szerzésére programozható, amely e törvényszerűségeknek megfelel. A valóságban az analízis – azaz a zenei törvények megállapítása és feljegyzése – és a zeneszerzés programja rendszerint egybeolvad. Talán közelebb kerülünk a problémához, ha élő példán szemléljük.

Lássunk közelebbről egy analizáló és zeneszerző programot. Ez a hatvanas évek elején hazánkban készült, a NIM ELLIOT–803-as gépére. A gépbe betáplálják a zenedarabokat – ez esetben magyar népdalokat vagy Kodály-műveket –, és azután a következő utasítást adják neki: „Légy szíves, kutasd át az emlékezetedben tárolt összes melódiákat, és állapítsd meg, hol fordul elő egymás után a következő négy hang: dó, re, mi, szo. Most vizsgáld meg, hol, milyen hang következik e négyes hangcsoport után! Készíts statisztikát arról, hogy az ilyen ötödik hangok milyen gyakorisággal fordulnak elő!" A számológép teljesíti a felszólítást, és arra az eredményre jut, hogy ötödik hangként: tíz eset közül *dó* négyszer, *re* egyszer, *mi* kétszer, *szo* egyszer, *la* kétszer fordul elő, vagyis az előfordulás valószínűsége ugyanabban a sorrendben 0,4, 0,1, 0,2, 0,1, 0,2. Lényegében ebből áll az elemzés, az ún. Markov-analízis. A gép természetesen sokféle más szabályt is kutat – érdekli pl. a hangok időtartama is –, de mi most ettől az egyszerűség kedvéért eltekintünk. Ha nem négy, hanem mondjuk, öt hangot választottunk volna ki, és azután a reájuk következő hatodik hang gyakoriságát vizsgáljuk, akkor magasabb rendű Markov-analízist alkalmaztunk volna, – ha pedig kisebb hangsort választanánk, akkor ezzel leszállítanánk az analízis fokát. Jól meg kell gondolni, milyen fokú, milyen rendű analízishez folyamodunk. Ha az analízis foka túlságosan alacsony, akkor nagyon szeszélyes, rendszertelen zenéhez juthatunk csak hozzá a továbbiakban, mert két hangot vagy három hangot elég nagy szabadságban követheti a harmadik vagy negyedik hang. Ha pedig túlságosan magasra emeljük az analízis fokát, akkor az ennek alapján szerzendő muzsikát esetleg eleve megfoszthatjuk minden eredetiségétől. Lehetséges ugyanis, hogy nyolc hang kiválasztása esetén a gép csak egyetlenegy helyen találja meg a kilencediket.

A gép most már mindent tud, amit komponistaként tudnia kell. Most azt a parancsot kapja, hogy generáljon véletlen számokat. E véletlen számok szolgálnak majd ötödik hangokként az előbb említett négy hang után. Melyik szám milyen hangnak felel majd meg? Ha a véletlen szám 0 és 0,4 közé esik, akkor az új hang *do* lesz, ha 0,4 és 0,5 közé, akkor *re*, 0,5 és 0,7 között *mi*, 0,7-től 0,8-ig *szo*, 0,8-tól 1-ig *la*. Ebből is láthatjuk, a számok megfeleltetése hangoknak nem teljesen önkényes, mert mindenütt megfelel a hangok előfordulási valószínűségének, e valószínűségek tartományainak. Így azután az új dallam statisztikai szerkezete meg-

egyezik azoknak a dallamoknak a statisztikai szerkezetével, amelyeket a gép előzetesen megvizsgált: velük azonos típusú lesz.

A Markov-analízis foka érthető módon összefüggésben áll az új dallam szabadosságával vagy kötöttségével. Minél alacsonyabb fokú az analízis, annál nagyobb az új dallam szabadsága, minél magasabb fokú az analízis, annál kisebb.

A valóságban nem egyetlen véletlen számot kell generálni egy hang meghatározására, hanem kettőt: az egyik a hang magasságát, a másik a hang hosszúságát, időtartamát jelöli. Minden hangot egy-egy ilyen rendezett számpár jelképez.

De a zenei programozásnak nem ez az egyetlen lehetséges útja. *Xenakisz* görög zeneszerző pl. bizonyos valószínűségi folyamatokat épített be programozó matematikusa útján a programba. Ennek megfelelően szimbólumok, szimbólumsorozatok nagy tömegei alakulnak át bizonyos statisztikai valószínűséggel „hangtömegek"-ké, „hangfelhők"-ké, ahogy múlik az idő. Xenakisz úgy véli, hogy a szóban forgó sorozatok átalakulásának tömegessége teljesen új zene kialakítására is alkalmas. A változások egyenként alig-alig vehetők észre, tömegesen azonban meglepnek, meghökkentenek bennünket, váratlanságukkal, újszerűségükkel. Persze, nem lehetne pontosan megvonni a határt a még észrevétlenül maradó változások és azok között, amelyek már elragadnak váratlanságukkal.

Xenakisz, aki egy IBM–7090-es számítógépet alkalmazott „segédszerzői" minőségben, mégsem bízta teljesen az automatára a dolgot. Figyelemmel kísérte azokat a zenei részleteket, amelyeket a gép produkált, és valahányszor olyanokat fedezett fel közöttük, amelyeket érdemesnek tartott a rögzítésre, feljegyeztette őket a gép memóriájába. A többit átengedte a feledésnek. A kiválasztott részletekből zeneműveket szerkesztett. Így készült a „Tejutak zenéje", a „Nomosz Alpha" gordonkaszóló, az „Eonta", amelyet zongorára és három vonós hangszerre írt stb. Művei népszerűvé váltak, hanglemezeit árulják, fesztiválokon csendülnek fel, Luzernben és más városokban sikert arattak hangversenyeken.

Hasonló szolgálatokra vehető igénybe a gép más művészetek területén is.

John Whytney amerikai filmrendező számítógéppel íratott filmet. Ő olyan ábrák között válogatott, amelyek a számítógép képernyőjén – a megjelenítőn – jelentek meg. A képernyő elé ült, és figyelemmel kísérte az alkotói programnak megfelelően jelentkező ábrák mozgását a megjelenítőn. Ha egy-egy képet, képsorozatot „filmképesnek" minősített, gombnyomással utasítást adott a memóriában való tárolásra, a többi

részletet ő is átengedte a „feledésnek". A kiválasztott részletekből pedig filmeket állított össze. Igaz, Whytney fekete-fehér és színes kompozíciói nem arattak olyan sikert a nézők körében, mint Xenakisz „hangfelhői" a hallgatók körében. A közönség ugyanis – a megszokás folytán – cselekményt, történést várt, ehelyett geometriai idomok gyors áramlásával és váltakozásával találkozott. Filmkritikusok élénken vitatták, hogy mit is láttak tulajdonképpen. Az „Il Giorno" szerint helytelen volna e műveket a filmesztétika vagy a művészi igény szempontjából megközelíteni, úgy kell tekinteni rájuk, mint a filmszerű kifejezés új formáira.

Ugyanezek a módszerek kitűnően beválnak a számítógép-grafika területén is. *H. V. France* olyan programmal látta el matematikusok közreműködésével a számítógépet, amelynek alapján képzeletbeli háromdimenziós térben egy kockát kellett forgatnia. S az így létrejött képződmények kétdimenziós vetülete megjelent a gép képernyőjén. Meseszerű ábrák tűntek fel rajta, fantasztikus csipkeszerű hálózat mozgott, változott gyors ütemben. H. V. France e képsorokat hosszú időn át nyitott lencséjű kamerával lefényképezte, majd válogatott és szerkesztett. Így jöttek létre grafikai alkotásai, amelyek nemrég albumban jelentek meg a müncheni *K. G. Bruckmann* cég kiadásában, „Computerkunst" címmel.

A számítógép nemcsak arra programozható, hogy „önálló alkotásokat" hozzon létre, hanem arra is, hogy kész műveket másoljon le, és jelenítsen meg. Ez esetben a „fordítás", a kifejezési mód sajátossága lephet meg bennünket.

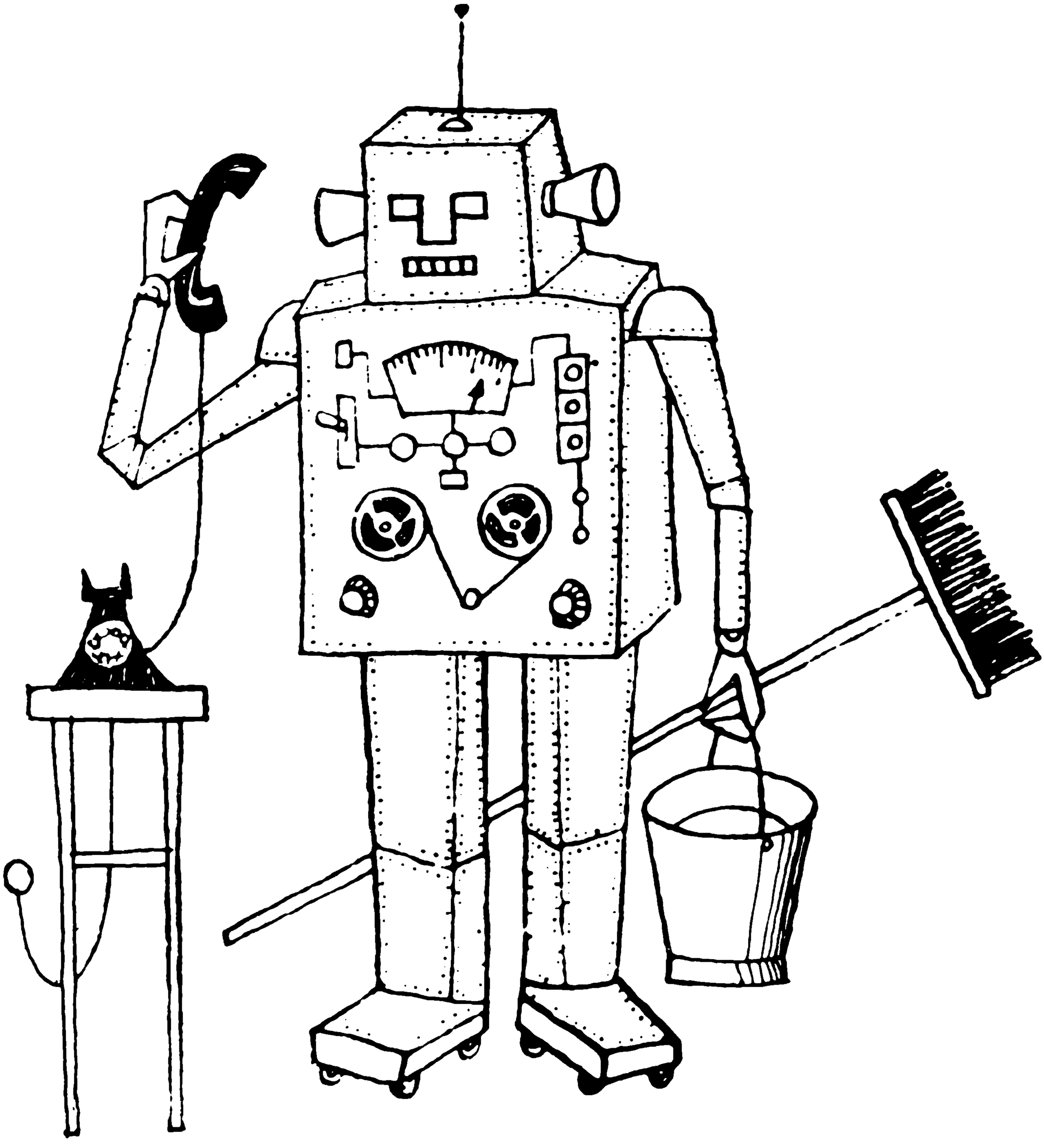
A gép tehát megtanítható zene szerzésére, már ami a zeneszerzés gépies és így gépesíthető kivitelezési szabályait illeti. Hasonló szerepet tölthet be a gép másfajta művészi alkotásban is. Csak azt nem szabad hinnünk, hogy a gép által szerzett zene – művészi alkotás. A művészet sajátosan emberi jellegű, amennyiben emberi véleményt, emberi ítéletet fejez ki. A zeneszerző nemcsak hangokat rak egymás mellé a zene szabályainak megfelelően, hanem eközben és ezzel kifejezi a maga érzelmeit, indulatait is, azaz zenei nyelven közli véleményét bizonyos jelenségekről. A festőművész nem csupán embereket, állatokat, tárgyakat örökít meg, hanem ezen az úton „mondja el" a maga állásfoglalását is a világ valamely jelenségére vonatkozóan. A gépnek nincs véleménye, nincs ítélete, a gépben nem születnek sem érzelmek, sem indulatok – a gép nem lehet művész. A művészi alkotás üzenetet visz szerzőjétől befogadójához, a gépnek nincs üzennivalója az emberek számára.

18 | A SZÁMÍTÓGÉP HATÁSA A TÁRSADALOMBAN

Munkanélküliség?

„Számítástechnika a társadalmi haladásért" címen magyarul is megjelent az az ENSZ-tanulmány („The Application of Computer Technology for Development"), amely abból a célból készült, hogy az alapja legyen a főtitkár e tárgyban teendő beszámoló jelentésének. Az ENSZ főtitkárát a közgyűlés XXIII. ülésszaka szólította fel e jelentés elkészítésére. A jelentésnek – a határozat szerint – különös figyelmet kell szentelnie a fejlődő országok helyzetére a következő szempontokból: *a)* az elektronikus számítógépeknek a gazdasági és társadalmi fejlődés folyamata meggyorsításában való felhasználása során eddig elért eredmények, további igények és lehetőségek. *b)* A nemzetközi együttműködés lehetséges formái a számítógépekkel kapcsolatos kooperáció javítására. *c)* Milyen szerepet játszhat az ENSZ e nemzetközi együttműködésben?

A tanulmány többek között foglalkozik a számítástechnika társadalmi veszélyeivel, korlátaival és ösztönző tényezőivel. Megállapítja, hogy a számítógépeket és különösen szerkezeti elemeiket emitt a presztízs jelképének, amott a félelem tárgyának is tekinthetik. A félelem azzal függhet össze, hogy a számítógép munkanélküliséget idézhet elő. A műszaki fejlődés – úgymond – valóban befolyásolja a foglalkoztatottságot; ennek legjobb példája, hogy Észak-Amerikában az elmúlt évtizedek folyamán a mezőgazdasági munkások száma állandóan csökkenő tendenciát mutatott olyan körülmények közepette, amikor a műszaki fejlődés lehetővé tette a mezőgazdasági termelés volumenének növekedését. Ámde egész egyszerű összefüggés a műszaki fejlődés és a munkanélküliség között nem állapítható meg. Így pl. az 1953–1961. években a bányászatban, az ipari termelésben, valamint a villamosenergia- és gáziparban az egy munkásra jutó termelés átlagos évi növekedése Japánban 6,4, Kelet- és Délkelet-Ázsiában (Japán kivételével) 5,2, Latin-Amerikában 4,2, Európában 3,6, az Európai Gazdasági Közösség (Közös Piac) országaiban 4,6, az Egyesült Államokban 3% volt, ámde a munkanélküliség korántsem alakult e növekedéssel azonos arányban; ez alatt az idő alatt az Egyesült Álla-



mokban a munkanélküliség viszonylag nagy volt, hivatalos adatok szerint 6%-os; ugyanekkor az EGK országaiban viszonylag kismérvű volt, míg Ázsiában (Japán kivételével) és Latin-Amerikában állandóan meghaladta az egyesült államokbeli szintet. Következésképp – állapítja meg a tanulmány – a műszaki fejlődés ütemének gyors növekedéséből önmagában még nem következik munkanélküliség.

A foglalkoztatottságban bekövetkező változások főbb meghatározó tényezői – a tanulmány szerint – a következők: a fogyasztási javak és a szolgáltatások keresletének változása, a munkaerő-struktúra és a terme-

lékenység (termelés/ember-óra) változása. A technikai fejlődés folytán így megszűnő munkalehetőségeket a többi tényezőkből összetevődő előnyök ellensúlyozhatják. A tanulmány idézi az „Automatizálási és technikai fejlődés hatása az emberi munkaerőre" címen 1966-ban tartott európai konferencia véleményét; eszerint a technikai fejlődésnek a foglalkoztatásra gyakorolt hatásából származó veszélyeket nem szabad eltúlozni. A tanulmány ugyancsak idézi az Egyesült Államokban az elnök által létrehozott Automatizálási Bizottság 1966-os jelentését, amelynek szerzői arra a következtetésre jutottak, hogy a technikai fejlődés és a munkanélküliség nem feltétlenül egymás velejárói.

A tanulmány ennek az álláspontnak az alátámasztására adatokat is felsorakoztat. Nagy-Britanniában 1964-ig 600 számítógépet helyeztek üzembe a különböző hivatalokban, az összes alkalmazottak számában mégis 8 %-os növekedés volt tapasztalható. A becslések szerint ez a növekedés 13 %-os lett volna, ha nem alkalmaztak volna számítógépeket. Az alatt az idő alatt, amely egy számítóközpont tervezéséhez szükséges, a feleslegessé váló alkalmazottakat más munkaterületre lehet átcsoportosítani. Figyelembe kell venni e területen azt is, hogy az irodai munka iránt az iparilag fejlett országokban növekvő az igény (évi 2–3 %-os a növekedés), ugyanakkor a munkaképes lakosság lassan növekszik, ezért az irodai munkának a számítógépek bevezetése következtében mutatkozó csökkenését a jelentkező hivatali munkaerőhiány ellensúlyozza. Emellett a számítógép nemcsak feleslegessé tesz bizonyos foglalkozásokat, pl. a folyamatvezérlési iparágban vagy a nyomdászatban, hanem új szakismereteket és szakembereket is igényel, karbantartó mérnököket, számítógépprogramozókat és rendszertervezőket, gépkezelőket, lyukasztókat, szalagkezelőket, másokat pedig az adatszétosztási feladatok megoldására stb. Ott, ahol számítógépet vezetnek be, a vállalat munkaerőinek egy részét átképezhetik az új munkakörök betöltésére.

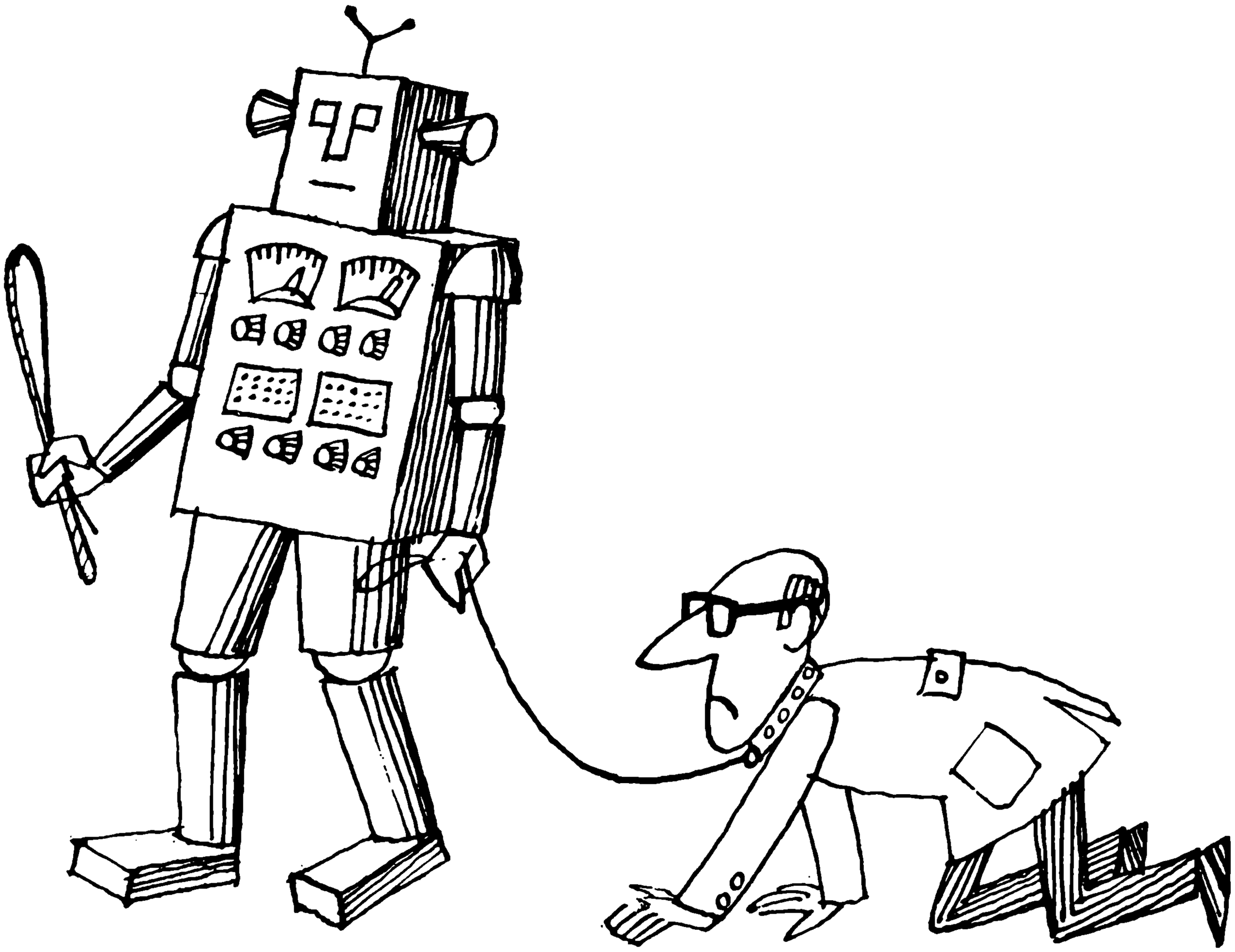
Nagyon valószínű azonban – hangsúlyozza a tanulmány –, hogy ezek a következtetések nem vonatkoznak a fejlődő országokra, a társadalmi tényezők eltérő volta miatt. Ezekben az országokban a munkaerő legnagyobb részét a mezőgazdaságban és a feldolgozó iparban foglalkoztatják, s ezeknek mindegyike igen érzékenyen reagál az automatizálásra. Ilyen körülmények között a munkanélküliség rendszerint krónikus állapot megnyilvánulása. A bérköltségek csökkentése, ami az iparosodott országokban részben indítéka lehet az automatikus berendezések alkalmazásának, a fejlődő országokban – ahol minden munkaalkalom-megszünte-

test okozó változtatást igen alaposan meg kell indokolni, és meg kell gondolni – hátrányos lehet. Így amikor a fejlődő országokban arról kell dönteni, vajon alkalmazzanak-e számítógépet, figyelemmel kell lenni arra, hogy a munkanélküliség és az átképzés emberi, szociális költségei különösen magasak lehetnek. Ezért e tekintetben minden fejlődő országnak magának kell kialakítania a megfelelő irányelveket, egyes esetekben foglalkoztatási szempontok miatt szükségessé válhat a számítógép bevezetésének elhalasztása. Mindazonáltal a rövid távra szóló döntéseket e területeken sem szabad általános elvként elfogadni . . . A fejlődő országoknak el kell jutniuk odáig, hogy – amennyiben a körülmények kedvezőeknek mutatkoznak – alkalmazzanak számítógépeket.

Ezzel kapcsolatban a „Tudomány és technika alkalmazása a fejlesztésben" elnevezésű ENSZ tanácsadó bizottság (ACAST), amely a tanulmány elkészítésében közreműködött, a következőket állapította meg: ha a fejlődő országokban új területen alkalmaznak számítógépeket, akkor az nem von maga után semmiféle munkaerő-kiszorítást, hiszen a gépek ez esetben nem pótolhatják a munkaerőt; ha valamely alapvető fontosságú tevékenységet nem lehet más módon megoldani, a számítógép szükségessége könnyen indokolttá válik; az is szükségessé teheti számítógépek alkalmazását, hogy biztosítsák az ország versenyképességét a nemzetközi kereskedelemben; de csupán munkaerő-megtakarító jellegű számítógép-alkalmazások a fejlődő országok részére nem javasolhatók.

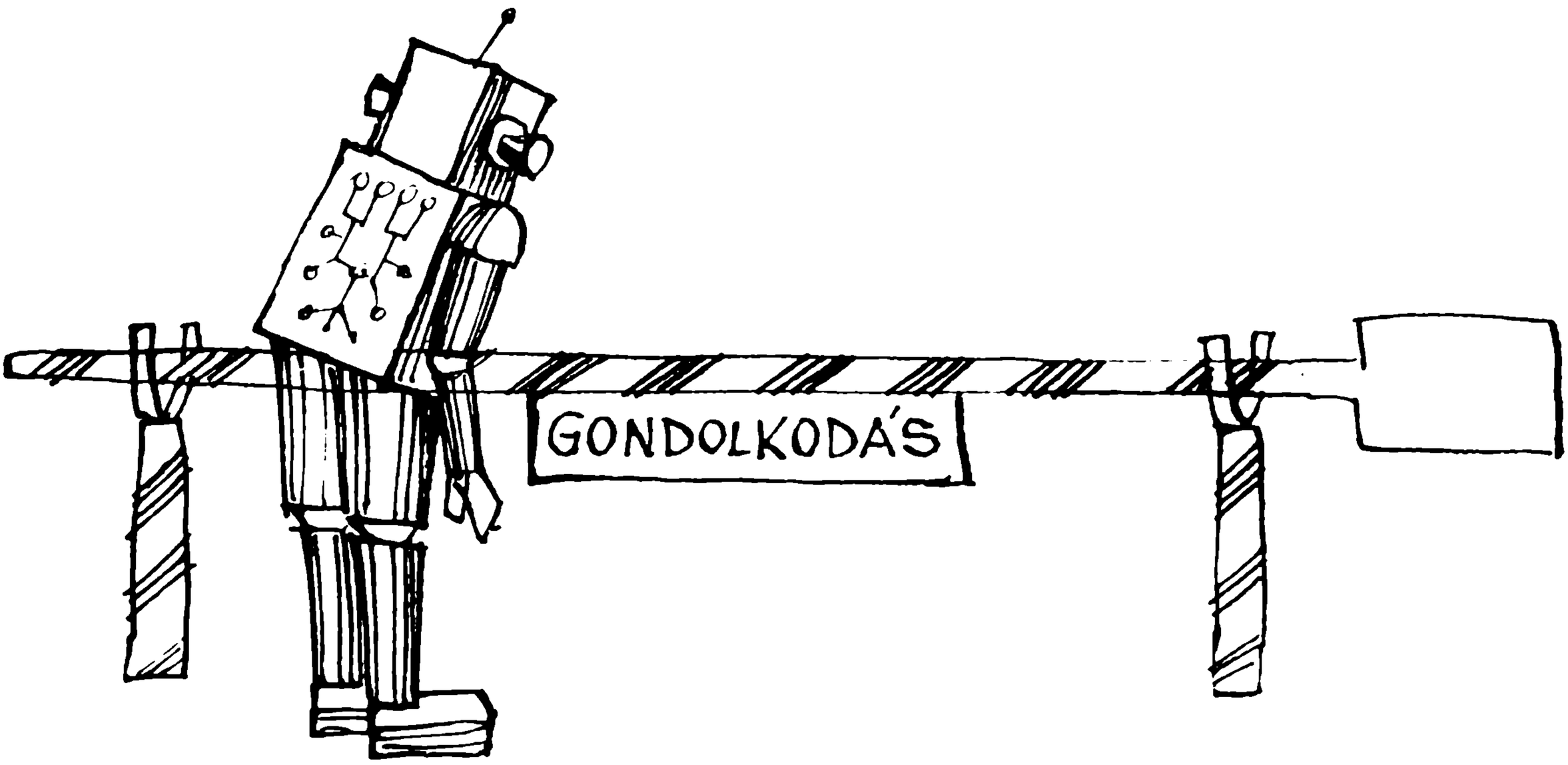
Félelem

A tanulmány foglalkozik azokkal a vegyes érzelmekkel is, amelyekkel a számítógépeket a különböző társadalmakban fogadják. Vannak olyan publikációk – úgymond –, amelyek csodálattal írnak azokról a bonyolult és hasznos dolgokról, amelyeket a számítógépek véghez tudnak vinni; ilyen pl. a forgalomtervezés, a sakkjáték vagy éppen valami egészen ritka vércsoport felkutatása. Ez a csodálat sokszor a gépek valóságos misztifikálását eredményezheti. Megjelennek cikkek a számítógépek által elkövetett baklövésekről is, pl. arról, hogy a számítógépes rendszer folyóirat ezreit ömleszti egy rémült előfizető nyakába majd, vagy egymillió dolláros fizetési csekket nyomtat ki. Megint más cikkek arra mutatnak rá, hogy számítógépek segítségével hatalmas személyi adattárakat lehet kialakítani, ez pedig a személyes szabadságot sértő túlkapásokhoz



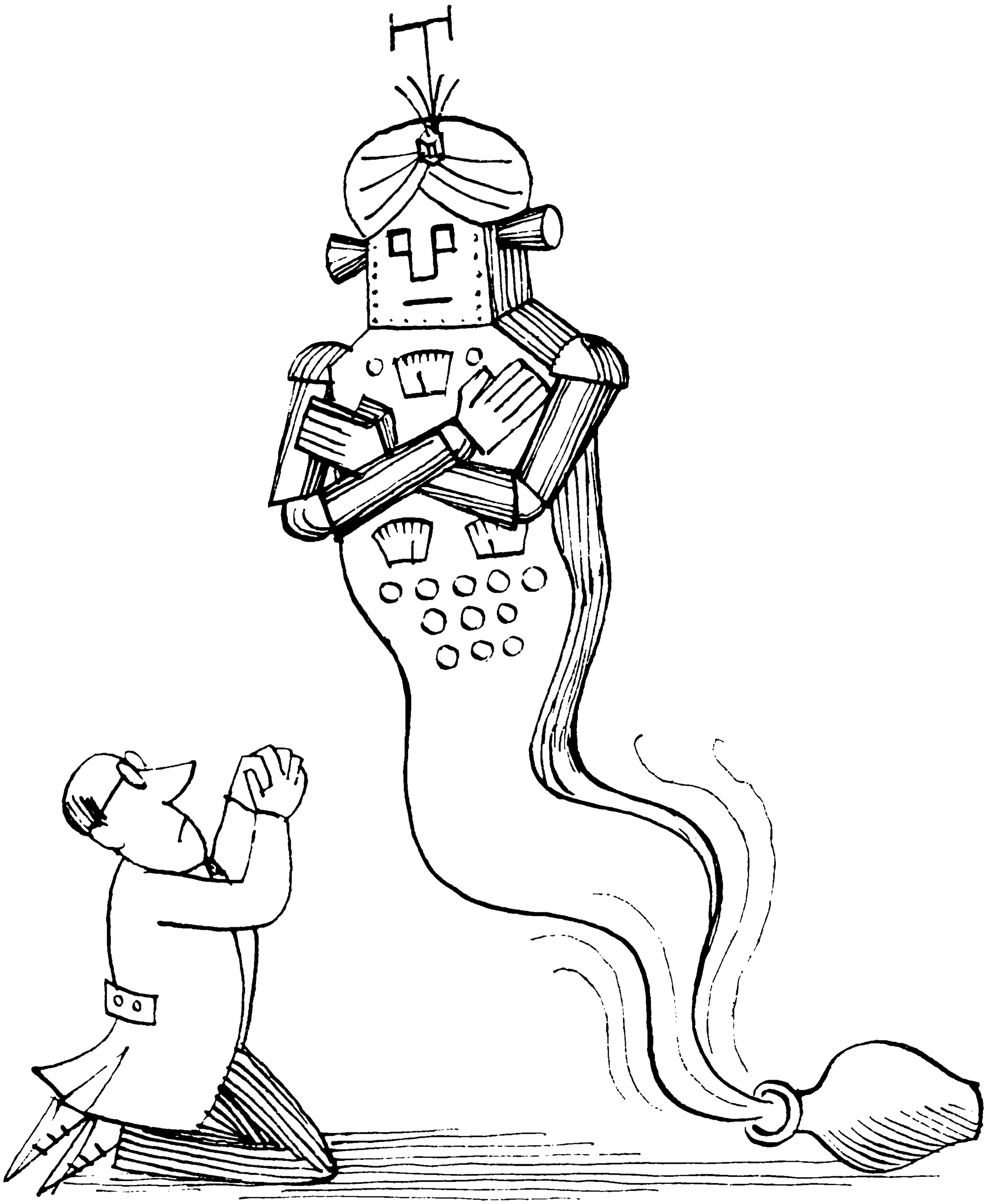
és az emberi jogok megcsorbításához vezethet. Az ilyen túlzó fogadtatás, mind az egyik, mind a másik végletbe esés, csak árthat. A túlzó csodálat elősegítheti a tudomány és a technika csodás hatalmába vetett vakhit kialakulását, aminek alapján az emberek hajlamosakká válhatnak arra, hogy túlságosan sokat várjanak túlságosan rövid időn belül. Ez csak késleltetheti a tényleges eredményt. Ezért a számítógépek üzembeállítására vonatkozó javaslatok elbírálásakor mindig meg kell győződni arról, vajon nem csupán a presztízs növelése volt-e a javaslattevő vagy -tevők fő indító tényezője? A félelem ugyanilyen rossz tanácsadó lehet.

Miféle félelemről beszélünk? A számítógépekre gondolva sokan nemcsak attól tartanak, hogy beállításuk nyomán munkanélküliség következik be, vagy hogy helyrehozhatatlan módon megsértik a személyi szabadságot, amiről már fentebb szóltunk; attól is rettegnek, hogy a számítógépek szükségtelenné tehetik az embert, személytelenítheti a társadalmat, az embereket „puszta számokká" változtathatják, olyan társadalom létrehozásának az irányában hatnak, amelyet a technokraták irányítanak, ahol a fontos döntéseket nap nap után robot-automaták, vagy



olyan szűk látókörű emberek hozzák, akik érzéketlenek a szociális és emberi tényezők iránt. Mindezek összefüggenek azzal az állítással, hogy a számítógépes programok mesterséges intelligenciát mutatnak. A tanulmány szerint azonban alapos vizsgálat után nehéz megérteni, hogy az „intelligencia" kifejezés egyáltalában milyen alapon merülhet fel a számítógéppel kapcsolatban. A számítógép semmiféle olyan tulajdonsággal nem rendelkezik, amely akárcsak távolról is megközelítené az intuitív intelligencia fogalmát. A gép egy jól ismert sakkjátékprogramban a legjobb lépést a lehetséges pozíciókhoz hozzárendelt lineáris függvényből számítja ki. E program tanulókészsége nem egyéb, mint bizonyos súlyozó tényezők alkalmazása. Távoli lehetőségnek tűnik, hogy a gép absztrakt koncepciókat alakítson ki vagy esztétikai ítéleteket hozzon. És bár nem ismeretes a számítógépek fejlődésének lehetséges végső határa, mindenesetre pontosan definiálható, hogy mi az, amit tőlük a közeljövőben várhatunk. Határozott visszavonulás látható pl. a nyelvek fordítása terén, és ma már csak kevesen vannak, akik azt állítják, hogy reális célkitűzés lenne a számítógépek teljesen automatikus jó minőségű fordítói munkájának az elérése. A racionális elemzés után alaptalannak bizonyul az „intelligens gépektől" való félelem. Feltéve, hogy minden más műszaki eszközhöz hasonlóan, a számítógépek alkalmazását is megfelelően kézben tartják és ellenőrzik, képtelenség azokat az emberi lények versenytársának tekinteni, egyáltalában bármi másnak tekinteni, mint olyan eszköznek, mely növeli az ember fizikai és intellektuális képességeit.

Nem indokolható az sem, hogy a számítógépeket elmarasztalják annak



a bűnében, hogy lehetőséget adnak arra, hogy az embereket számokká személytelenítsék a társadalomban. Az, hogy itt vagy ott az embereket számmal helyettesítik – még nem jelenti azt, hogy az ember valóban számmá is válik. A posta területi kódszámokat alkalmaz, a társadalombiztosítás vagy a bank azonosítási számokat, de ettől még az emberek nem válnak számokká. A kérdés az, hogy a társadalom felépítése olyan

marad-e, amely a gyors technikai fejlődés mellett is egyénként kezeli az embert. És komoly érvekkel támasztható alá, hogy éppen a számítógépek nyújtják a legjobb lehetőséget arra, hogy a személyiség megtarthassa szerepét egy olyan társadalomban, amelyben egyre fokozottabb mértékben kell foglalkozni az emberek nagy tömegeivel. A számítógép lehetőséget ad az emberek egyéni igényeivel való foglalkozásnak: így pl. egyének utazási terveinek regisztrálására, az információ válogatott szétosztására, egyéni kutatási igények szerint, a kórházi adatbank egyes személyek részletes kórtörténeteit őrizheti stb. De a személyi adattárakkal kapcsolatban – a tanulmány szerint – foglalkozni kell annak lehetőségével, hogy az adatokat az érintett személy tudta nélkül, sőt kárára is felhasználhatják. Egyelőre egyetlen ország sem rendelkezik az adatbankok és a magánélet viszonyát szabályozó jogszabályokkal, bár ilyen javaslatok több helyen vizsgálat tárgyát képezik. A problémát bonyolítja, hogy vannak olyan esetek, amikor az egyénekre vonatkozó bizonyos szigorúan bizalmas információkra nemzetbiztonsági vagy közbiztonsági okokból van szükség. Itt számos kérdés vetődik fel: ki milyen adatokat gyűjthet össze, ki férhet hozzá az adatokhoz, hogyan érhető el a kívánt biztonság stb.

A tanulmány s egyben könyvünk: „A számítógép az ön szolgálatában" azzal a végső megállapítással zárul, hogy minden alap megvan ahhoz, hogy bízzunk abban: a számítógépek nyújtotta lehetőségek kiaknázhatók, ugyanakkor az esetleges káros mellékhatások kiküszöbölhetők, s a számítógépek szorgalmas hada valóban valamennyiünk szolgálatába áll.

TARTALOM

1. A GÉP ÉS KÖRNYEZETE / 5

1,0 / 5
Szám és utasítás / 8
Az utasítás végrehajtása / 10
Döntési tábla, folyamatábra / 12
A program / 16
Mammutprogramok / 21
A fordítás / 23
Lyukkártya, lyukszalag / 24
Mágnesszalag, -lemez, -dob és -kártya / 26
Optikai bizonylat / 28
Olvasás, írás / 29
Átalakítók / 31
Megjelenítők / 31
Új motor, új billentyűzet / 35

2. A GÉP ÉS SZERVEZETE / 37

Az operációs rendszer / 37
Multiprogramozás / 38
A time-sharing rendszer / 41
Hibafelderítés / 45
Átmeneti és kiegészítő árak / 47
I/0 processzor, multiplexor / 48
Egyszerre több művelet / 50
Firmware / 52
A virtuális memória / 53

3. A GÉP SZERKEZETE / 57

Elektroncső / 57
A tranzisztorhatás / 59
A tranzisztor kialakítása / 60
A tranzisztor működése / 63
Integrált áramkörök / 64
Az integrált áramkörök gyártása / 66
Ferritgyűrű / 70
Mágneses síkfilm / 72
Mágneses huzal / 76
Mágneses buborék / 78
Amorf félvezető / 85
„Csak olvasható!" – „Főleg olvasható!" / 88
A lézer / 89
Tárolás lézerrel / 92
Hologram / 97
Tárolás elektromos töltésekkel / 100
Memóriák minősítése / 106
Információfeldolgozás lézerrel / 108
Optoelektronika / 113
Optikai számítógép / 116

4. TÁV-ADAT-FELDOLGOZÁS / 119

A hálózatok típusa / 119
Az összeköttetések technikai megvalósítása / 120
Egy óriási hálózat / 124
Kutatások a hálózat segítségével / 126
A hálózat kutatja önmagát. Különleges szolgáltatások / 129

Más hálózatok / 136
Táv-adatfeldolgozás Magyarországon / 137

5. A SZÁMÍTÓGÉP MÚLTJA, JELENE, JÖVŐJE / 139

A választóvonal / 139
Programozható kalkulátor / 141
Hibrid számítógépek / 146
Miniszámítógépek / 147
Generációk / 149
A jövő / 151

6. KUTATÁS, FEJLESZTÉS ÉS GYÁRTÁS MAGYARORSZÁGON / 153

Rövid áttekintés / 153
Az EMG–830 / 153
A TPA számítógépek / 154
Az R–10 számítógép / 157
Kooperációs hibrid-számítógép / 159
Minicomp / 160
Jelfeldolgozó célberendezés / 161
Perifériák / 163
Pénztárgép lyukszalaggal / 164
Displayk / 166
Készülékek táv-adatfeldolgozáshoz / 167

7. ELEKTRONIKUS ÜGYVITEL / 171

Bérelszámolás / 171
A raktárban / 176
Készlet-stratégia / 179
Kimutatások / 182
Az adminisztráció automatizálása Magyarországon / 184
Helyfoglalási hálózat / 190
Előkészítés, rendszerszervezés / 192

8. OPERÁCIÓKUTATÁS / 195

Optimalizálás / 195
Lineáris programozás / 197
Más eljárások optimális tervezése / 200
Irányítás / 201
Játékelmélet / 203
Hálózatmodellek / 205
Szimuláció / 208
Raktározás, sorban állás, szállítás / 208
A szállítási feladat / 210
Termelési programok / 211
Vállalati tervek készítése / 213
Népgazdasági tervek / 216
A gazdaság működésének modelljei / 217

9. NAGY ADATBANKOK / 220

Az adatok tárolása és keresése / 220
Integráció / 224
Statisztikai számítások / 226

10. DOKUMENTÁCIÓ, NYOMTATÁS / 228

Az információk szaporodása / 228
Kulcsszavak olvastatása / 229
Gépesített dokumentumtárak / 231
Fényszedés / 232

11. MŰSZAKI TERVEZÉS / 235

Interaktív eljárás / 235
Rajzgép / 236

12. AZ ÜZEMBEN / 239

Számjegyes vezérlés / 239
Mérési adatgyűjtők / 243
Off-line vezérlés / 245
On-line vezérlés / 247
Pontosság, fokozatosság / 248
A PROCESS-programcsomag / 249
Integrált anyag- és adatfeldolgozás / 250

13. A KÖZLEKEDÉSBEN / 252

Moszkva: a járműfolyam irányításának automatizálása / 252
Szabályozók a gépkocsiban / 255
Automatizált országutak / 256
A légi forgalomban / 258

14. AZ EGÉSZSÉGÜGYBEN / 260

Kórházi információs rendszerek / 260
A diagnózis előkészítése / 263
Betegszobában, műtőben / 266
Mintaállomás Magyarországon / 266

15. A TERMÉSZET- ÉS A TÁRSADALOMTUDOMÁNYOKBAN / 269

Képanalizátorok / 269
Kromatográfiás eljárások vezérlése / 271
Az agyműködés elemzése / 273
Kémiai kísérlet, hullámfüggvény, molekulamodell / 275
Bionika / 276
A nyelvészetben / 278
A társadalom tanulmányozásának nehézségei / 279
Modell a szovjet munkásosztály differenciálódásáról / 282
Adatbank és magántitok / 283
Választások eredményeinek előrebecslése / 286
Közvéleményelemzés / 287
A bűnüldözésben / 288

16. AZ OKTATÁSBAN / 290

Ismeretközlő-, vizsgáztatógép / 290
Számítógép az oktatásban / 291
Komplex segítség / 293

17. A MŰVÉSZETBEN / 297

A mű: információ / 297
A jelek elrendezésének szerepe / 299
A jelek áramlása / 301
Matematikailag kifejezhető összefüggések / 303
Az alkotás „kivitelezése” automatizálható / 306
Géppel szerzett művek / 308

18. A SZÁMÍTÓGÉP HATÁSA A TÁRSADALOMBAN / 311

Munkanélküliség? / 311
Félelem / 314

A KIADÁSÉRT FELEL A KOSSUTH KÖNYVKIADÓ IGAZGATÓJA
SZERKESZTETTE SURÁNYI ÉVA
A BORÍTÓ ÉS A KÖTÉSTERV KAJÁN TIBOR ILLUSZTRÁCIÓI
FELHASZNÁLÁSÁVAL KÉSZÜLT
AZ ILLUSZTRÁCIÓKAT KAJÁN TIBOR KÉSZÍTETTE
MŰSZAKI VEZETŐ SZÉCSI ANDOR
MŰSZAKI SZERKESZTŐ KUN GÁBOR
A SZEDÉST 1975. III. 28-ÁN KEZDTÉK MEG
MEGJELENT 1975. X. 31-ÉN, 7000 PÉLDÁNYBAN
TERJEDELME 20¼ (A/5) ÍV

75.1155 ATHENAEUM NYOMDA, BUDAPEST — ÍVES MAGASNYOMÁS
FELELŐS VEZETŐ: SOPRONI BÉLA VEZÉRIGAZGATÓ